

不同轮伐期和重复采收对大叶相思 萌芽更新和林分产量的影响*

黄世能 郑海水 翁启杰

摘要 不同轮伐期和不同林分密度以及不同轮伐期组合和重复采收对大叶相思萌芽更新和林分产量影响的研究结果表明:①轮伐期对伐桩的萌芽力没有显著影响,但对萌芽林的生长有显著或极显著影响;林分密度对伐桩萌芽力和萌芽林生长均无显著影响。林分的材积和生物量总产量(种植后 8 a)随轮伐期的延长而减少。研究证明,大叶相思实生林萌芽更新的首采轮伐期以 4 a 为最佳。②矮林作业能在一定程度上使大叶相思幼态化。在种植后 5~6 a 内对这一树种进行第二次采伐的更新效果与第一次采伐的更新效果之间没有显著差异。对于以 9 a 为一个经营期来说,以萌芽更新方式经营 2 代与 3 代其更新效果和林分总产量相当。为减少营林成本提高经济效益,建议经营两代即可,轮伐期组合以 4+5 为最佳。

关键词 轮伐期、林分密度、轮伐期组合、萌芽更新、材积和生物量收获量

作为薪材树种经营的大叶相思,试验已经证明在一定的年龄范围内,只要选择适宜的伐桩高度和采伐季节,以萌芽更新方法经营其矮林是可行的^[1~3]。但不同轮伐期对不同种植密度林分的萌芽更新及产量的影响,仍缺乏研究。

Ferm 和 Kauppi^[4]指出:“矮林作业(萌芽更新)能在一定程度上使一个树种幼态化,虽然目前还没有满意的理论能完全解释,但从伐桩所萌发的萌芽条的大量的形态和生理上的变化清楚地表明这种现象确实存在”。这意味着如果一个树种到某个年龄时萌芽更新效果不理想,则可以设法在这一临界年龄前采伐,利用矮林作业的这一特点维持树木的更新能力,使得重复采收成为可能,从而提高营林经济效益。根据前期在阳江镇林场进行采收更新试验的初步结果,即大叶相思在 5~6 年生时萌芽更新效果已不很理想(后来的系统研究也证明了这一点^[3]),如能在树木 5~6 年生时成功地更新两次,则可为以后的萌芽更新提供物质基础。但这种设想能否实现?若能,如何采伐才能获得最大的林分产量?为此,自 1985 年起在海南省琼海市上埔乡林场进行了上述研究,现将结果整理于后。

1 研究内容、材料与方 法

1.1 不同轮伐期对不同密度林分的萌芽更新及产量的影响

供试林分为 1985 年 4 月营造的 3 种适于短轮伐期经营的大叶相思林分,初植密度为: D_1 ——6 667 株/hm²、 D_2 ——5 000 株/hm² 和 D_3 ——4 444 株/hm²。由于以往的研究表明,即

1993-12-01 收稿。

黄世能助理研究员,郑海水,翁启杰(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)。

* 本文系国家“七五”攻关课题“优良薪材树种引种、选种、薪材林栽培经营技术及其多种效益的研究”和加拿大国际发展研究中心(IDRC)资助的“薪炭林(中国)项目”的一部分。本文承蒙本所李善淇副研究员审阅并提出修改意见,谨此致谢。

便是 10 000 株/hm² 的密植林分,3 年生时采收仍为时过早^[5],故设计的轮伐期为 4、5 和 6 年生,对照为不采伐。采用裂区设计,以轮伐期为主区,密度为副区,3 次重复。采伐前调查林分的保存率、林木的径、高生长及分叉指数^[6,7],并用相关测定法^[8]结合自编的材积和生物量表^[9]测算林分的材积和生物量。采伐后的调查内容有:伐桩萌芽率、存活率、萌条数量、萌条胸径和高度以及萌芽林的材积和生物量,其中前两项内容每小区调查 20 棵植株的伐桩,后 5 项内容随机抽样调查 10 棵有萌条的植株的伐桩。

1.2 不同轮伐期组合及重复采收对萌芽更新及林分产量的影响

供试林分为 1984 年 4 月营造的大叶相思与普通木麻黄(*Casuarina equisetifolia* L.) 的单行混交肥效试验林,株行距 1.5 m×1.5 m,造林后一年内调查表明肥效不明显,且木麻黄因受压而于造林后 2 年内全部死亡,实际上已成为大叶相思纯林。

为探讨大叶相思重复采收的可能性及其合理的轮伐期组合,同时我们与林场签定的 10 年合作期内试验林的最大年龄为 9 年生,试验以 5 年和 6 年生为 2 次更新的临界年限,安排了:①经营 3 代的轮伐期组合为:2+3+4、3+2+4、3+3+3、2+4+3 和 4+2+3;②经营两代的轮伐期组合为:2+7、3+6 和 4+5,3 次重复。由于冬季采伐更新效果较好^[3],试验林首次采伐分别于 1985 年 12 月底、1987 年和 1988 年 1 月初进行,第二次采伐则分别于 1989 年 1 月和 1990 年 4 月进行(其中 1988 年 1 月采伐后的萌芽林 1989 年 1 月未采伐),因此,各代的实际轮伐期组合与原设计稍有出入(详见表 6)。调查内容与方法同 1.1 节,但样本数略有不同,即前两项内容每小区调查 28 棵植株的伐桩,后五项内容抽样调查 14 棵有萌条的植株的伐桩。

2 结果与分析

2.1 不同轮伐期对不同密度林分萌芽更新及林分产量的影响

2.1.1 不同轮伐期首次采伐的林分收获量比较 不同轮伐期采伐时林分材积和生物量的调查结果如表 1。方差分析及均数差异性检验结果表明,轮伐期与密度的交互作用对林分收获量的影响十分微弱,说明这两个因子的作用效应是相互独立的。3 种密度林分的材积和生物量两两之间没有显著差异。究其原因,除 3 种密度本身差别小外,与林分保存率及林木的分叉指数有关。据调查, D_1 、 D_2 和 D_3 林分的林木分叉指数分别为 1.65、1.82 和 1.95,当考虑林分保存率时,各林分保存的立木株数实际上已非常接近。因此,密度效应不显著。

表 1 不同轮伐期不同密度林分首次采伐的材积和生物量收获量比较

因子	材 积(m ³ /hm ²)				生 物 量(t/hm ²)			
	D_1	D_2	D_3	平均值	D_1	D_2	D_3	平均值
轮伐期								
4 a	89.767	76.613	82.541	82.974 a	166.467	140.838	150.293	152.533 a
5 a	116.273	88.802	94.272	99.782 a	202.845	157.214	168.638	176.232 a
6 a	119.577	110.031	117.172	115.593 b	208.076	188.255	196.821	197.717 a
平均值	108.539 A	91.815 A	97.995 A	99.450	192.463 A	162.102 A	171.917 A	175.490
方差分析结果	轮伐期: $F=7.50^*$ 密度: $F=1.34^{ns}$ 交互作用: $F=0.20^{ns}$				轮伐期: $F=6.27^{ns}$ 密度: $F=1.48^{ns}$ 交互作用: $F=0.11^{ns}$			

注:①方差分析栏内 F 值后标有 ns 和 * 分别示影响不显著和显著,下同;②平均值栏内数值后大、小字母,分别示密度和轮伐期平均值的差异检验($\alpha=0.05$)结果,下同。

随着轮伐期的延长,林分材积和生物量的收获量均有不同程度的增加。轮伐期对林分材积

生长有显著影响,但对生物量生长影响则不显著。这是因为大叶相思在4~6年生时,随着年龄的增长其径、高仍有一定的生长量,尤其径生长较为明显,从而使得材积有较大的增长。然而,象本试验中的这种密植并早已郁闭的大叶相思林分,随着年龄的增长,占总生物量约1/3的枝条和树叶已经没有足够的生长空间,同时由于自然整枝还在一定程度上造成生物量的减少。因此,林分的立木总生物量并不随轮伐期的延长而有显著的增加。由此可见,以生物量为主要生产指标的薪材林经营,延长轮伐期对提高营林经济效益并无益处。

2.1.2 不同轮伐期对萌芽更新能力及萌芽林生长的影响 萌芽更新能力以伐桩萌芽率和平均萌条数量来表示^[1]。采伐后2~4个月的调查结果及方差分析(萌芽率百分数经反正弦转换)表明,轮伐期和密度以及它们的交互作用对萌芽更新能力均无显著影响(见表2)。以往的研究也表明^[1,3],大叶相思在4~6年生时,其伐桩萌芽率和平均萌条数量没有显著差异;林分密度在3 333~10 000株/hm²之间,伐桩萌芽力也没有显著差异。

表2 不同轮伐期对不同密度林分萌芽更新能力的影响

因子	伐桩萌芽率(%)				平均萌条数(根)				
	D ₁	D ₂	D ₃	平均值	D ₁	D ₂	D ₃	平均值	
密度									
轮伐期	4 a	90.0	91.7	91.7	91.1 a	11.6	11.4	9.3	10.8 a
	5 a	95.0	91.7	96.7	94.5 a	8.7	8.9	10.7	9.4 a
	6 a	88.3	89.2	85.4	87.6 a	9.7	10.6	9.1	9.8 a
	平均值	91.1 A	90.9 A	91.3 A	91.1	10.0 A	10.3 A	9.7 A	10.0
方差分析结果	轮伐期: $F=2.40^{ns}$				轮伐期: $F=0.83^{ns}$				
	密度: $F=0.12^{ns}$				密度: $F=0.15^{ns}$				
	交互作用: $F=0.76^{ns}$				交互作用: $F=0.88^{ns}$				

为比较不同轮伐期对萌芽林生长的影响,将采伐后2 a萌芽林的径、高生长及伐桩保存的萌条数量调查结果列于表3。方差分析显示,林分密度对这3项调查因子均无显著影响。不同轮伐期对伐桩保存的萌条数量没有显著影响,但对萌条的径、高生长有显著或极显著影响(表3)。轮伐期越长,即采伐时树木年龄越大,萌条生长越差。这进一步证明了以前作者关于林龄对萌芽更新影响的研究结果是可靠的^[3]。与种植密度对实生林早期生长的影响相似^[5],2年生萌芽林的径生长随密度的减少而增大,高生长随密度的增大而增大,作者在阳江镇林场进行不同密度林分的萌芽更新研究也得到类似的结果^[1]。

表3 不同密度林分不同轮伐期采伐萌芽林的径、高生长比较 (林龄:2年生)

因子	保存萌条数(根/桩)				萌条胸径(cm)				萌条高度(m)				
	D ₁	D ₂	D ₃	平均值	D ₁	D ₂	D ₃	平均值	D ₁	D ₂	D ₃	平均值	
密度													
轮伐期	4 a	2.57	2.70	2.83	2.70 a	3.77	3.91	4.04	3.91 a	6.10	5.89	5.94	5.98 a
	5 a	1.97	2.80	2.53	2.43 a	3.62	3.46	3.40	3.49 b	5.59	5.56	5.15	5.43 bc
	6 a	2.53	2.70	2.63	2.62 a	2.81	3.01	3.11	2.98 c	5.01	5.14	5.07	5.07 c
	平均值	2.36 A	2.73 A	2.66 A	2.58	3.40 A	3.46 A	3.52 A	3.46	5.57 A	5.53 A	5.39 A	5.49
方差分析结果	轮伐期: $F=0.71^{ns}$				轮伐期: $F=27.04^{**}$				轮伐期: $F=7.86^*$				
	密度: $F=1.98^{ns}$				密度: $F=0.45^{ns}$				密度: $F=0.57^{ns}$				
	交互作用: $F=0.74^{ns}$				交互作用: $F=0.97^{ns}$				交互作用: $F=1.65^{ns}$				

注:方差分析栏内F值后标有ns和*分别示影响不显著和显著,下同。

2.1.3 不同轮伐期更新林分与未更新林分总产量的比较 为比较更新林分与未更新林分的总产量,从而确定适宜的首采轮伐期,1993年3月对不同轮伐期的更新林分与未更新林分的

材积和生物量进行了调查,结果如表 4 和表 5。表 4 表明,2~3 年生的萌芽林其材积和生物量大小的排列顺序为 $D_1 > D_2 > D_3$,即与密度成正比,但由于密度小的林分伐桩保留的萌条数较多且原林分的保存率也较高,因此,萌芽林产量随密度增大而增大的幅度并不很大。4 年生的萌芽林其材积和生物量与密度的关系则与 2~3 年生时的情况有所不同,此时密度小的林分其径生长的优势已开始得到体现,因此,材积和生物量大小的排序变为 $D_1 > D_3 > D_2$,与原林分采伐时调查的结果相似(见表 1)。

表 4 不同密度林分不同轮伐期采伐后萌芽林的材积和生物量比较

轮伐期 (a)	萌芽林龄 (a)	材 积(m^3/hm^2)				生 物 量(t/hm^2)			
		D_1	D_2	D_3	平均值	D_1	D_2	D_3	平均值
4	4	103.885	66.790	81.495	84.057	147.876	94.403	117.550	119.944
5	3	55.025	48.946	41.041	48.337	76.470	68.494	55.563	66.842
6	2	26.020	19.726	18.089	21.278	39.633	29.245	27.411	32.096
平 均 值		61.643	45.154	46.875	51.224	87.993	64.047	66.841	72.961

从表 4 还可看到,轮伐期为 4 a 的萌芽林分的材积和生物量分别比轮伐期为 5 a 的萌芽林的材积和生物量高 74% 和 79%,比轮伐期为 6 a 的萌芽林的材积和生物量高 295% 和 274%。原因除与萌芽林龄大小有关外,与伐桩存活率及萌条生长也有较大关系。因为轮伐期为 5 a 和 6 a 时,不仅萌条生长差,伐桩存活率也低,仅分别为 68.8% 和 62.2%。

表 5 更新林分与未更新林分的材积和生物量总产量比较

林分 类型	林龄 (a)	材 积(m^3/hm^2)			生 物 量(t/hm^2)		
		D_1	D_2	D_3	D_1	D_2	D_3
更新林分	4+4	193.652	143.403	174.036	314.343	235.241	267.843
	5+3	171.298	137.748	135.313	279.315	225.708	224.201
	6+2	145.547	129.760	135.261	247.709	217.500	224.232
未更新林分	8	152.289	142.342	148.102	238.127	218.712	228.402

注:更新林分林龄“4+4”表示原林分和萌芽林的年龄分别为 4 a,依此类推。

表 5 表明,更新林分的材积和生物量总产量随首采轮伐期的延长而减少。在供试的 3 种密度林分中,只有首采轮伐期为 4 a 的更新林分的材积和生物量均高于未更新的林分,其余两种轮伐期的更新林分的总产量因密度不同而异。从材积产量看,首采轮伐期为 5 a 时,只有 D_1 的更新林分总产量高于相同密度未更新林分的总产量,首采轮伐期为 6 a 时,所有密度的更新林分总产量均低于未更新林分的产量;就生物量总产量而言, D_1 的更新林分总产量均比未更新林分的总产量高, D_2 的更新林分在首采轮伐期为 4 a 和 5 a 时其总产量仍高于未更新的林分,而 D_3 的更新林分只有首采轮伐期为 4 a 时才比未更新的林分高。可见,首采轮伐期以 4 a 为最佳。

2.2 不同轮伐期组合及重复采收对萌芽更新和林分产量的影响

2.2.1 不同轮伐期组合第一次和第二次采伐更新效果的比较

调查结果(表 6)表明,5 种轮伐期组合中第一次采伐的伐桩萌芽率均为 100%,平均萌条数量(采伐后 5~6 个月)随轮伐期的延长即树木年龄的增大而减少,伐桩的存活率(采伐后 10~12 个月)也有同样的变化趋势,这和以往的研究结果一致^[3];第二次采伐的伐桩萌芽率在 90.6%~95.1% 之间,存活率(采伐后 10~12 月)在 81.3%~86.7% 之间。样本频率检验结果表明,第一次采伐和第二次采伐的

伐桩萌芽率之间没有显著差异,伐桩存活率之间也没有显著差异。

从萌条数量上看,第一次采伐后5~6个月伐桩仍保留12.80~19.47根/桩,第二次采伐后10~12个月伐桩所保留的萌条数也达7.80~12.16根/桩,均可满足萌芽更新的要求。从实地观测中我们发现,第二次采伐后的萌芽条几乎都是从原伐桩萌发第一代萌芽条的部位上或其附近萌发出来的,而从第二次采伐时保留的约10 cm高的萌条伐根上萌发形成的萌条十分罕见,原因仍有待进一步探讨。

表6 不同轮伐期组合第一次和第二次采伐的萌芽更新效果比较

设计轮伐期组合 (a)	实际轮伐期组合 (月)	伐桩萌芽率(%)		平均萌条数(根/桩)		伐桩存活率(%)	
		第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次
2+3+4	20+37+50	100.0	94.4	19.47	9.76	99.1	86.3
3+2+4	33+24+50	100.0	92.2	17.57	12.16	90.0	82.0
3+3+3	33+39+35	100.0	90.6	16.40	9.82	91.7	81.5
2+4+3	20+52+35	100.0	95.1	18.26	7.80	94.5	86.7
4+2+3	45+24+35	100.0	92.7	12.80	9.13	91.7	81.3

由表6看出,矮林作业(萌芽更新)确实能在一定程度上使大叶相思幼态化,这表现在第二次采伐时伐桩的萌芽率、存活率及萌条数量都比同龄实生林分采伐时的结果有不同程度的提高。从临界年限为5 a看,第二次采伐时的伐桩萌芽率与同龄实生林分采伐时的萌芽率相当^[3],而平均萌条数量则比同龄的实生林高32.1%,伐桩存活率高10.3%;再从临界年限为6 a看,第二次采伐时的伐桩萌芽率比同龄实生林分采伐时的萌芽率高5.6%,平均萌条数量高10.1%,伐桩存活率高19.2%。

2.2.2 不同轮伐期和重复采收对林分材积和生物量总产量的影响 调查结果如表7。方差分析表明,不同轮伐期组合对林分的材积和生物量(鲜重)总产量没有显著影响(材积: $F=2.244$,生物量: $F=1.901 < F_{0.05}=2.87$)。9 a内经营两代和三代的林分材积及生物量之间没有显著差异;经营三代的五种轮伐期组合以及经营两代的3种轮伐期组合各自的林分材积及生物量之间也没有显著差异。

表7 不同轮伐期组合对林分材积和生物量总产量的影响 (单位:t/hm²;m³/hm²)

轮伐期组合 (a)	原实生林分		第一代萌芽林		第二代萌芽林		总产量	
	生物量	材积	生物量	材积	生物量	材积	生物量	材积
2+3+4	41.40	19.99	130.20	65.88	109.57	75.66	281.17	161.53
3+2+4	109.47	63.20	109.72	51.92	117.26	81.07	336.45	196.18
3+3+3	109.47	63.20	142.58	79.65	80.80	56.57	332.86	199.43
2+4+3	41.40	19.99	153.57	83.58	92.36	64.90	287.32	168.47
4+2+3	151.11	94.24	79.57	38.84	77.03	54.02	307.71	187.10
2+7	41.40	19.99	241.38	149.47			282.78	169.46
3+6	109.47	63.20	201.91	125.01			311.38	188.21
4+5	151.11	94.24	166.28	97.95			317.39	192.19

从表7看出,在设计8种轮伐期组合中,首采年龄(第一轮伐期)为2 a的3种组合的林分材积和生物量总产量都较低,这是因为此时原实生林分的林木生长尚未进入速生期,未能充分利用原林分的生产潜力。而其余5种首采年龄为3 a和4 a的轮伐期组合,由于此时为林木

的速生期,尤其是材积和生物量的快速增长期,第一轮伐期的产量较高,因而林分材积和生物量的总产量也较高。

3 结语与建议

(1)大叶相思 3 种密度林分不同首采轮伐期(4 a、5 a、6 a)萌芽更新结果表明,随着轮伐期的延长,林分的材积和生物量收获量均有不同程度的提高。轮伐期对伐桩的萌芽力没有显著影响,但对萌芽林的生长有显著或极显著影响,轮伐期越长,萌芽林生长越差,伐桩存活率也越低。林分密度对伐桩萌芽力及萌芽林的生长没有显著影响。同时,由于林木的分叉指数随密度的减少而增大,且林木保存率随密度的增大而减少,因而不同密度第一轮伐期的收获量之间没有显著差异。

(2)与未更新林分的总产量比较,3 种密度的更新林分总产量随轮伐期的延长而减少。只有轮伐期为 4 a 的更新林分总产量高于未更新林分的总产量。可见,大叶相思的首采轮伐期以 4 a 为最佳。

(3)研究证明,矮林作业(萌芽更新)能在一定程度上使大叶相思幼态化,利用这一特点对大叶相思进行二次更新是可行的。第二次采伐的伐桩萌芽率和存活率与第一次采伐的结果没有显著差异,伐桩的萌条数量也能满足更新的要求。

(4)在 9 a 的经营期内设计试验的 8 种轮伐期组合中,虽然林分总产量之间没有显著差异,但第一轮伐期为 2 a 的 3 种组合由于未能充分利用原林分的生长潜力,林分的总产量较低,因而在生产实践中,除非有特别的经营目的,否则不宜采用这 3 种轮伐期组合。而其余的 5 种轮伐期组合林分总产量都较高,可任选采用。但考虑到采收更新次数的增多将导致营林成本的提高,建议采用 3+6 或 4+5 这两种轮伐期组合,其中以 4+5 这一组合为最佳。

参 考 文 献

- 1 黄世能,郑海水. 不同伐桩高度及林分密度对大叶相思萌芽更新影响的研究. 林业科学研究,1992,5(5):611~616.
- 2 黄世能,郑海水. 采伐季节、伐桩直径及采伐工具对大叶相思萌芽更新影响的研究. 林业科学研究,1993,6(1):76~81.
- 3 黄世能,郑海水,翁启杰. 林龄、采伐方式对大叶相思萌芽更新效果的影响. 林业科学研究,1994,7(5):537~541.
- 4 Ferm A, Kauppi A. Coppicing as a means for increasing hardwood biomass production. *Forestry, Forest Biomass and Biomass Conversion: the IEA Bioenergy Agreement (1986~1989) Summary Report*. Elsevier Applied Science, London and New York, 1990. 107~121.
- 5 郑海水,何克军,蔡满堂,等. 贫瘠地薪材树种选择及栽培技术的研究. 热带林业科技,1987,(5):21~30.
- 6 徐燕千,霍应强. 大叶相思栽培及利用研究. 热带林业科技,1982,(1):20~30,(2):1~13.
- 7 MacDicken K G, Wolf G V, Briscoe C B (eds). *Standard Research Methods for Multipurpose Trees and Shrubs*. Winrock International Institute for Agricultural and International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), 1990.
- 8 佐藤大七郎,堤利夫(聂绍荃译). 陆地植物群落物质生产. 北京:科学出版社,1977,1~18.
- 9 郑海水,翁启杰,周再知,等. 大叶相思材积和生物量表的编制. 林业科学研究,1994,7(4):408~413.

Effects of Rotation Length and Repeated Harvesting on the Sprouting Reproduction of *Acacia auriculiformis*

Huang Shineng Zheng Haishui Weng Qijie

Abstract Two studies were established to investigate the effects of rotation length and repeated harvesting on the sprouting reproduction of *Acacia auriculiformis* in Shangyong Village Forest Farm (19°14' N, 110°28' E) of Qionghai City of Hainan Province. The first study was conducted in a split plot design with three replications involving three rotation lengths of 4, 5 and 6 years as the main plot and three stand densities (6 667, 5 000 and 4 444 trees planted per hectare) as the sub-plot. Results showed that both the rotation length and stand density had no significant effects on the percentage of stump sprouting and the number of sprouts produced per stump. The DBH and length of sprouts decreased significantly with the increase of rotation length. The differences in DBH and length of sprouts between the stands with different densities were not significant. The total biomass and volume production from the first harvest together with the standing sprouting forests decreased with the increase of rotation length. To maximize the sprouting reproduction of *A. auriculiformis*, a rotation length of 4 years is recommended. In the second study, eight combinations of rotation lengths of 2+3+4, 3+2+4, 3+3+3, 2+4+3, 4+2+3, 2+7, 3+6, 4+5 years were involved into a repeated harvesting trial for *A. auriculiformis*. Results showed that it is possible to establish the second sprouting forest of this species by sprouting, and coppicing can return it to juvenility. There was no significant differences in the percentages of stump sprouting and surviving rate between the first and the second harvest. The total volume and biomass production between the tested eight combinations of rotation lengths were not significantly different. For minimizing the production cost and increasing the economic profits, a combination of rotation length of 4+5 years is recommended for a management period of nine years.

Key words rotation length, stand density, combination of rotation length, sprout regeneration, volume and biomass production