

大叶相思材积和生物量表的编制*

郑海水 翁启杰 周再知 黄世能

摘要 为探索大叶相思生物量和材积表编制方法,本文根据薪材林研究中收集的一些样木资料,选用 $W(V)_1 = aD^3$ (下称1式)和 $W(V)_2 = a(D^2H)^b$ (下称2式)两种模型,经回归分析推导出两组干、枝、叶和总生物量及材积的回归方程。对两组回归方程分析比较结果,1式自变量 D 容易测定且精度高,故以1式作为编表模式,编制成材积表和各组分的生物量表。

关键词 大叶相思、生物量、材积、回归方程

大叶相思(*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth)作为热带优良速生具固氮改土能力的多用途树种,已被许多热带、南亚热带国家或地区作为荒山造林及迹地更新的先锋树种。1961年初次引进我国,生长良好,70年代后期开始大面积种植,作为荒山绿化、水土保持、薪材及混交林伴生树种经营,造林面积约5.0万 hm^2 ^[1,2]。

在生产中,由于大叶相思树干弯曲、分枝多,计算材积较繁琐,且其枝可作薪材,叶作肥料,两者必须分别计量。为满足生产上的需要,根据薪材林研究中收集的样木资料,采用回归分析方法推导出回归模式,编制成大叶相思地上部分的生物量表和材积表,现将该表的编制过程分述于后。

1 材料和方法

1.1 材料

样木资料来自不同气候区和不同立地条件类型的林分,林龄3~5 a,径阶1~11 cm。取样方法以样地平均木(每处理2~3株)和按径阶取样(每径阶1~3株)法为主,样方(每样方25~30株)取样法为辅,每次取样均在不同区组内进行。

计量时树干部分采用区分段法(8 cm以下采用1 m分段,8 cm以上采用2 m分段)分别测径、称重,并取小样测绝干重(105℃烘至恒重,下同);树冠部分采用分层取样法,称重后按层次分别将枝、叶取样带回室内测绝干重。3~4 cm以下小径木则整株测定。地下部分留作萌芽更新不测生物量。

几年来共收集到不同类型的样木249株,按径阶分配如表1。

表1 样木径阶分布

径阶(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
株数	6	13	23	37	36	50	49	15	10	9	1	249
%	2.4	5.2	9.2	14.9	14.5	20.1	19.7	6.0	4.0	3.6	0.4	100

1992—06—08 收稿。

郑海水副研究员,翁启杰,周再知,黄世能(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)。

* 本文为国家“六五”科技攻关专题“最佳薪材树种的选种引种试验”和“七五”科技攻关专题“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”的一部分,承蒙本所李善淇先生审阅,谨此致谢。

1.2 回归模型的建立

采用相对生长法建立回归模型,即 $W(V)_1 = aD^b$ 和 $W(V)_2 = a(D^2H)^b$ 两种模型^[3,4]。将收集的样木资料按不同径阶分别将胸径(D)、树高(H)、材积(V)、树干生物量(W_s)、枝条生物量(W_b)、叶子生物量(W_l)及总生物量(W_t)的相应数据输入 IBM-PC 计算机上进行运算,分别求出两种模型不同部分的回归系数,结果列于表 2。

表 2 两种模型不同组分回归系数

组分	$W(V)_1 = aD^b$		组分	$W(V)_2 = a(D^2H)^b$	
	a	b		a	b
V_1	0.000 214 738	2.325 509	V_2	0.000 124 13	0.828 552
W_{s1}	0.117 401 3	2.279 33	W_{s2}	0.068 855	0.811 341
W_{b1}	0.067 161	1.767 28	W_{b2}	0.062 302	0.564 4
W_{l1}	0.057 264	1.676 67	W_{l2}	0.099 028	0.430 05
W_{t1}	0.313 344	1.937 09	W_{t2}	0.020 825	0.680 999

2 回归模型的检验

回归模型的检验实质是对求出的回归系数及回归曲线的显著性进行检验。因此先求出两种模型不同组分的相关系数,并对回归曲线进行方差分析,结果见表 3。

表 3 两种模型相关系数的方差分析结果

项 目	回 归 模 型	r	s	F
材 积	$V_1 = 0.000\ 214\ 738D^{2.325\ 509}$	0.929	+0.181 93	1 540.291 9**
	$V_2 = 0.000\ 124\ 13(D^2H)^{0.828\ 552}$	0.935	+0.174 87	1 687.058 0**
树干生物量	$W_{s1} = 0.117\ 401\ 3D^{2.279\ 33}$	0.965	+0.121 98	3 291.418 8**
	$W_{s2} = 0.068\ 855(D^2H)^{0.811\ 341}$	0.970	+0.113 28	3 861.613 8**
枝生物量	$W_{b1} = 0.067\ 161D^{1.767\ 28}$	0.939	+0.103 11	1 010.868 5**
	$W_{b2} = 0.062\ 302(D^2H)^{0.564\ 4}$	0.778	+0.254 92	368.377 0**
叶生物量	$W_{l1} = 0.057\ 264D^{1.676\ 67}$	0.919	+0.107 25	733.890 9**
	$W_{l2} = 0.099\ 028\ 45(D^2H)^{0.430\ 052}$	0.708	+0.239 64	242.049 6**
总 量	$W_{t1} = 0.313\ 344D^{1.937\ 09}$	0.947	+0.129 92	2 095.331 8**
	$W_{t2} = 0.020\ 824\ 6(D^2H)^{0.680\ 999}$	0.940	+0.138 03	1 829.079 3**

2.1 相关系数检验

两种回归模型材积和各组分的生物量相关系数除 2 式 W_l 相关系数为 $0.708 < \alpha_{0.01} = 0.735$ 外,其余各模型的 r 值均大于 $\alpha_{0.01}$,说明模型的线性回归关系密切,可信度达 99%。

2.2 回归曲线的显著性检验

对各回归模型进行方差分析结果(表 3)表明,各模型标准差都较小,而 F 值均大于 $F_{0.01} = 6.81$,说明各模型回归曲线的显著性均达极显著标准。

3 材积和各组分生物量表的编制

3.1 回归模型的选定

对推导出的两组回归模型的材积和各组分生物量进行比较,结果表明,除枝和叶的生物量相关系数和标准差存在较大差异外,其余包括材积、树干生物量和总生物量等的差异不明显;1

式优于2式。选用1式制表较为简捷,自变量 D 易于测定且精度较高;2式中有两个自变量即 D 和 H ,量测树高往往受地形、郁闭度、树干通直度、树冠倾斜度影响难于准确测定。故本文选用1式作为编制材积和各组分生物量表的模型。

3.2 材积表及组分生物量表的编制

模型选定后,将各径级的实测值(径阶的平均值)代入各回归模型中,得出各径级的材积和组分生物量的估测值(表4)。

表4 材积和组分生物量估测值

径阶 (cm)	干 (kg)	干枝 (kg)	叶 (kg)	总重 (kg)	材积 (m ³)	径阶 (cm)	干 (kg)	干枝 (kg)	叶 (kg)	总重 (kg)	材积 (m ³)
1.0	0.117	0.067	0.057	0.241	0.000 215	6.5	8.367	1.836	1.321	11.524	0.016 691
1.5	0.296	0.138	0.113	0.547	0.000 551	7.0	9.907	2.096	1.496	13.499	0.019 831
2.0	0.570	0.229	0.183	0.982	0.001 076	7.5	11.594	2.364	1.679	15.637	0.023 283
2.5	0.948	0.339	0.266	1.553	0.001 809	8.0	13.431	2.649	1.871	17.951	0.027 053
3.0	1.436	0.468	0.361	2.265	0.002 704	8.5	15.421	2.949	2.071	20.441	0.031 149
3.5	2.041	0.615	0.468	3.124	0.003 965	9.0	17.567	3.262	2.279	23.108	0.035 578
4.0	2.767	0.778	0.585	4.130	0.005 397	9.5	19.871	3.589	2.496	25.956	0.040 345
4.5	3.619	0.958	0.713	5.290	0.007 097	10.0	22.336	3.930	2.720	28.986	0.045 457
5.0	4.601	1.154	0.851	6.606	0.009 068	10.5	24.963	4.284	2.952	32.199	0.050 919
5.5	5.717	1.366	0.998	8.081	0.011 318	11.0	27.756	4.651	3.191	35.598	0.056 737
6.0	6.972	1.593	1.155	9.720	0.013 856	11.5	30.715	5.031	3.438	39.184	0.062 916

3.3 估测值与实测值比较

以表4的材积和组分生物量估测值与实测值进行精度比较看出,中间径阶的估测值与实测值差异小,而首尾径阶因样木株数少误差较大。不同组分各径阶的误差大致相似,但各回归模型的估测值比实测值偏低,因而误差的负值多于正值,见表5。

表5 生物量和材积回归估测值与实测值差异的比较 (单位:%)

径阶(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
干	-45.5	-8.1	-4.6	0	-1.1	-4.4	-4.8	-2.3	-6.0	-0.5	-14.3
枝	-58.8	-17.9	-4.1	0	+0.9	-6.5	-3.7	-5.7	-0.3	+1.8	-11.4
叶	-64.7	-28.8	-5.3	0	-3.4	+2.7	-3.8	+5.1	+4.1	-0.7	-0.3
总生物量	-43.6	-0.8	+7.8	+5.3	+5.7	-0.4	-3.9	-3.9	-4.7	-4.9	-20.0
材积	-43.2	-17.6	+7.8	+1.7	+0.8	-1.1	-1.6	+4.7	-8.7	-3.6	-9.8

3.4 回归推导总生物量与组分合计量比较

回归推导总生物量与组分(干、枝、叶)合计量比较结果(表6)显示,胸径在7.5 cm以下,干、枝、叶3组分的和偏小,胸径在7.5 cm以上则偏大,差异以7~7.5 cm为最小,向两侧

表6 回归推导总生物量与组分合计量差异的比较

径阶(cm)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
误差(%)	-23.0	-20.4	-18.2	-16.0	-13.9	-12.0	-10.1	-8.4	-6.7	-5.1	-3.6
径阶(cm)	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5
误差(%)	-2.1	-0.6	+0.7	+2.0	+3.3	+4.5	+5.7	+6.9	+8.1	+9.2	+10.3

逐渐增大。

4 生物量和材积回归曲线修正

4.1 总生物量及各组分生物量曲线修正

将各径阶干、枝、叶及总重实测值均数点绘座标纸上并分别连成线,再绘出相应的回归曲线,以回归曲线与实测曲线进行比较,结果显示,回归曲线比较匀滑。实测曲线跳动较大,两曲线中间段较接近,离差多在 $\pm 5\%$ 内,而两端离差大多超过 10% ,属可调整范围。方法是:调整均匀总重的回归曲线,胸径在 7.5 cm 以下的曲线偏低需适当升高, 7.5 cm 以上偏高则需适当降低,并使修正的回归曲线与实测曲线接近。

总量曲线调整好后再调整干、枝和叶回归曲线,方法同上。由表 5 看出,枝、叶的估测值与实测值除个别径阶外误差较小、需作小调整,干的估测值和实测值误差较大且偏低,应适当提高并修匀;材积调整法同上。调整后估测值与实测值比较,离差多在 $\pm 5\%$ 之内(表 7),仅个别径阶离差超过 $\pm 5\%$,这些径阶所收集资料有限,需收集更多资料加以验证。

表 7 修正后的生物量、材积估测值与实测值的比较

径阶	干(kg)			枝(kg)			叶(kg)			总生物量(kg)			材积(m ³)		
	估测	实测	误差(%)	估测	实测	误差(%)	估测	实测	误差(%)	估测	实测	误差(%)	估测	实测	误差(%)
1	0.21	0.22	-4.5	0.15	0.17	-11.8	0.14	0.17	-17.6	0.50	0.55	-9.1	0.000 35	0.000 37	-5.4
2	0.65	0.62	+4.8	0.28	0.26	-7.7	0.26	0.25	+4.0	1.19	1.21	-1.7	0.001 24	0.001 31	-5.3
3	1.59	1.51	+5.3	0.48	0.49	-2.0	0.40	0.38	+5.3	2.47	2.44	+1.2	0.002 54	0.002 56	-0.8
4	2.89	2.77	+4.3	0.78	0.78	0	0.59	0.59	0	4.26	4.36	-2.2	0.005 40	0.005 31	+1.7
5	4.72	4.65	+1.5	1.15	1.14	+0.9	0.85	0.88	-3.4	6.72	6.50	+3.4	0.009 07	0.009 00	+0.8
6	7.32	7.29	+0.4	1.65	1.70	-2.9	1.16	1.13	+2.7	10.13	10.12	+0.1	0.013 86	0.014 01	-1.1
7	10.64	10.41	+2.2	2.12	2.17	-2.3	1.50	1.56	-3.8	14.26	14.14	+1.2	0.019 83	0.020 15	-1.6
8	13.92	13.72	+1.5	2.74	2.87	-2.5	1.82	1.78	+2.2	18.48	18.31	+0.9	0.026 95	0.025 84	+4.3
9	17.71	18.70	-5.3	3.26	3.27	-0.3	2.23	2.19	+1.8	23.21	23.20	+0.04	0.036 84	0.038 96	-5.4
10	21.91	22.35	-2.0	3.85	3.86	-0.3	2.71	2.74	-0.7	28.47	28.51	-0.1	0.047 14	0.047 16	-0.04
11	27.92	32.39	-16.9	4.75	5.25	-9.5	3.19	3.20	-0.3	35.86	40.84	-12.2	0.059 40	0.062 94	-5.6

4.2 各组分含水率计算

回归估测的各组分生物量为干重(绝干重)。在实际工作中包括立木调查、估产、预测等多用生材(鲜重),而薪炭材多用风干重。为此,根据样木测定结果,列出不同部分含水率如表 8。依含水率和绝干重关系反求出各组分鲜重。

表 8 样木含水率

(单位:%)

径阶(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均
树干	50.8	56.8	56.3	56.8	57.2	56.6	57.4	56.4	56.8	55.9	54.1	55.92
枝桠	56.6	54.8	54.6	55.3	54.7	55.1	54.7	55.0	55.7	55.3	53.5	55.03
树叶	66.7	68.0	66.7	68.7	67.6	67.7	68.6	68.1	68.0	66.1	65.3	67.41
全株	59.2	58.6	58.9	57.4	58.0	58.1	58.0	57.4	59.1	58.3	55.1	58.10

据研究,干和枝失水约 30% ,叶失水 $40\%\sim 50\%$ 时为风干材。若生产中需计算风干重时,可依此数据推算。

5 结论与讨论

(1)采用回归分析方法推导出两组材积和各组生物量的回归模型,经分析表明,1式即 $W(V)_1=aD^b$ 模式精度较高,但编制成的一元材积表和生物量表与实测值仍有一定差异,故将估测曲线作适当调整。从调整后的曲线查出不同径阶材积和各组分绝干重,再根据表8的含水率反求出不同径阶林木各组分的鲜重,形成了一元材积和生物量表(表9)。

表9 大叶相思材积和生物量表

径阶 (cm)	鲜重(kg)				干重(kg)				材积 (m ³)
	干	枝	叶	总重	干	枝	叶	总重	
1.0	0.47	0.33	0.42	1.22	0.21	0.15	0.14	0.50	0.000 32
1.5	0.88	0.47	0.61	1.96	0.39	0.21	0.20	0.80	0.000 75
2.0	1.47	0.62	0.83	2.92	0.65	0.28	0.27	1.19	0.001 24
2.5	2.38	0.87	1.04	4.29	1.05	0.39	0.34	1.78	0.001 93
3.0	3.61	1.07	1.23	5.91	1.59	0.48	0.40	2.47	0.002 54
3.5	5.01	1.51	1.47	7.99	2.21	0.68	0.48	3.37	0.003 97
4.0	6.55	1.73	1.81	10.09	2.89	0.78	0.59	4.26	0.005 40
4.5	9.03	1.91	2.18	13.12	3.98	0.88	0.71	5.57	0.007 10
5.0	10.70	2.56	2.61	15.87	4.72	1.15	0.85	6.72	0.009 07
5.5	13.31	3.16	2.94	19.41	5.87	1.42	0.96	8.25	0.011 32
6.0	16.60	3.67	3.56	23.83	7.32	1.65	1.16	10.13	0.013 86
6.5	19.86	4.09	4.05	28.00	8.67	1.84	1.32	11.83	0.016 69
7.0	24.13	4.71	4.60	33.44	10.64	2.12	1.50	14.26	0.019 83
7.5	27.60	5.24	5.15	37.99	12.17	2.36	1.68	16.21	0.023 28
8.0	31.57	6.09	5.58	43.24	13.92	2.74	1.82	18.48	0.026 95
8.5	34.54	6.56	6.35	47.45	15.23	2.95	2.07	20.25	0.031 32
9.0	40.16	7.24	6.84	54.24	17.71	3.26	2.23	23.21	0.036 84
9.5	44.74	7.98	7.67	60.39	19.73	3.59	2.50	25.82	0.041 87
10.0	49.68	8.73	8.31	66.72	21.91	3.85	2.71	28.47	0.047 14
10.5	57.37	9.75	8.96	76.08	25.30	4.30	2.92	32.52	0.053 02
11.0	63.31	10.56	9.79	83.66	27.92	4.75	3.19	35.86	0.059 40
11.5	70.93	11.62	10.55	93.10	31.28	5.23	3.44	39.95	0.065 18
12.0	79.37	12.24	11.63	103.24	35.00	5.51	3.79	44.30	0.070 94
12.5	88.07	13.22	12.12	113.41	38.84	5.83	3.95	48.62	0.077 25
13.0	95.56	14.22	13.01	122.79	42.14	6.27	4.24	52.65	0.085 44
13.5	102.65	15.47	14.14	132.26	45.27	6.82	4.61	56.70	0.093 27
14.0	110.84	16.44	15.09	142.37	48.88	7.25	4.92	61.05	0.101 50
14.5	118.78	17.09	15.77	151.64	60.07	7.69	5.14	65.21	0.110 14
15.0	125.94	18.18	16.66	160.78	55.54	8.18	5.43	69.15	0.119 17

(2)由于编表资料来源于不同立地、不同营林措施和林木个体遗传性状的不同,致使同一地区相同的径级或同一径级不同地区间林木生物量差异较大,导致其均数绘成的实测曲线不匀滑,推导出的回归曲线较难与之吻合。此外,首尾径阶收集资料少,代表性不强也会出现这种情况,因而需要适当调整。调整后的回归曲线与实测曲线较吻合,可以应用。考虑作为用材林经营时径级可能大于11 cm,故将材积和生物量的表值延伸至15 cm,数据是否可靠尚待进一步验证。

(3)根据频数分布规律,实测值对回归曲线相应的平均值在 2 个标准差范围内的概率是 95.4%^[4]。应用本表时,为验证其精度,可选伐、实测几株样木,查对表的相应数据,若误差在 2 个标准差(±5%~±10%)范围内,可对照表内数据作适当调整;若在 1 个标准差以下,可直接应用;若误差超过±10%,则需另行制表。

参 考 文 献

- 1 郑海水,何克军,黄世能,等.短轮伐期薪材林用材林培育技术.北京:中国林业出版社,1990.1~19.
- 2 徐燕千,霍应强.大叶相思栽培及其利用研究.热带林业科技,1982,(1):21~30;(2):1~12.
- 3 中国科学院数学研究所统计组.常用数理统计方法.北京:科学出版社,1973.
- 4 古炎坤,陈北光,冯耀华.广东西江地区杉木人工林地上部分生物量和生产力的研究.华南农业大学学报,1987,8(1):41~50.

Establishment of Biomass and Volume Tables for *Acacia auriculiformis*

Zheng Haishui Weng Qijie Zhou Zaizhi Huang Shineng

Abstract In order to find out the simple method for estimation of biomass and volume production of *Acacia auriculiformis* plantations, this paper selected two models of $W(V)_1 = aD^b$ and $W(V)_2 = a(D^2H)^b$ to establish two groups of regression equations that can be used for the estimation of the biomass, components (stem, branch and leaf), total above ground biomass and volume production based on the data of sample trees collected in the fuelwood research. Comparison of the two groups of equations showed that the first model was the best fit model. Its precision was high and its independent variable (D) was an easy-to-measure parameter that can further improve the precision of estimation. So the biomass and volume tables were established based on the regression equation drawn from the first model.

Key words *Acacia auriculiformis*, biomass, volume, regression equation

Zheng Haishui, Associate Professor, Weng Qijie, Zhou Zaizhi, Huang Shineng (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520).