

苏门答腊金合欢群落生物量和凋落物量的研究

何敦煌 林 鹏

(厦门大学生物系, 厦门 361005)

摘 要

本文从群落生态学的角度探讨了厦门地区苏门答腊金合欢人工群落的生物量和凋落物量等生态特征。

1. 5年生苏门答腊金合欢群落总生物量为 $81\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, 平均年净生产量为 $16.2\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$; 秋季消光系数为0.52; 年均光能利用率为0.56%。运用生物量基径二次相关方程, 可估测该群落的生物量。

2. 5年生苏门答腊金合欢群落年凋落物量为 $7.9\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ 。年凋落物中氮、磷和钾的含量分别为152.1、32.3和26.0 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 。凋落叶中的氮、磷和钾含量均高于同一生境中先锋树种台湾相思和马尾松凋落叶中的相应指标, 且其凋落物的分解速率高。

关键词 苏门答腊金合欢; 生物量; 凋落物量

一、前 言

苏门答腊金合欢 (*Acacia glauca*), 豆科金合欢属大灌木。原产印尼, 60年代初作为紫胶优良寄主树引种我国厦门, 70年代起开始向闽南各地及两广部分地区推广。在上述地区, 它均表现了速生高产、繁殖力强、适应性广和多功能等特征^[1], 既可视作荒山造林的先锋树种, 又可当作改良土壤、薪炭利用、和水土保持的优选树种, 是一种有较大发展潜力的新资源。但目前对这一植物的系统理论研究尚不多见, 尤其对其群落生态的研究还未见报道。为此, 本文对该植物群落的生物量和凋落物量等进行了探讨。

群落生物量是估测群落净生产力的基础, 而后者则表示了植物累积有机物质的能力。在研究苏门答腊金合欢这一能力的同时, 还对群落生产结构进行了分析, 推算了光能利用率, 并推导了估测该生物量的回归公式。

群落凋落物的分解是群落养分归还土壤的重要方式之一, 也是生态系统物质和能量流动的重要过程。为对该群落的凋落物量和土壤养分循环速率有个定量认识, 本研究对该群落凋落物量进行了测定并对其分解速率进行了测算。

二、材 料 和 方 法

试验样地和材料选自厦门华侨植物引种园的西南山坡, 1979年定植林地。该林木定植后处自然生长状态, 不加人工管理, 但仍长势良好, 枝繁叶茂。试验植株平均高4.20—3.47m, 基径3.80—2.90cm, 每丛茎枝数7.3—3.6。

生物量测定用收割法。样方为两个 $3 \times 3.5\text{m}^2$ 的随机方。逐株测定样方植株的高和

基径(离地20cm处);从地表向上每隔0.5m测量群落的相对光强,并测算其相应的叶面积指数;而后在每一样方内各取两单位面积(占样方面积1/4)植株,地上部每隔0.5m,地下部每隔0.2m分段分项称得各部分重量,用以测算群落的生产结构;最后皆伐样方全部植株、挖掘1/3植株的根系,收集样方内全部下木、下草和凋落物,分项称得各部重量,用以计算群落生物量。根据年生长量和该地年太阳总辐射量求算其光能利用率。根据林木测树学因子和生物量间关系估测群落生物量的数学模型。

凋落物量测定亦在5年生林段内进行。随机设置10个1m²的凋落物收集器,一年内每隔3—5天定期回收其中的全部凋落物,按类别称重。供分析试样根据全年各月收集量按比例均匀混合后取得。氮、磷和钾的分析分别用钠氏试剂法,磷钼兰比色法和四苯硼钠重量法^[1]。

上述所有生物量和凋落物量均以干重(试样经80℃恒温烘至恒重后计重)表示。

三、结果和讨论

(一) 群落生物量

(1) 群落生物量 表1是两样方测定的平均结果。从表中可知:在厦门5年生苏门答腊金合欢群落的生物量是8.1012kg·m⁻²(81.0t·ha⁻¹);凋落物量为0.8503kg·m⁻²(8.5t·ha⁻¹);活地被物量极少。主要是因为林冠郁闭,林下草本难以生存造成的。

表1 厦门地区5年生苏门答腊金合欢人工群落生物量

Tab.1 Biomass of the 5-year-old *A. glauca* comm. in Xiamen (kg/m²)

样方号	Guadrat No.	1	2	平均 Average
平均高度	Average height(m)	5.22	5.00	5.11
平均基径	Average basal diameter(cm)	7.59	7.32	7.46
茎枝	Stems and branches	5.1638	4.9117	5.0378
叶	Leaves	0.4217	0.3938	0.4078
花	Flowers	0.0207	0.0193	0.0200
果	Fruits	0.1347	0.1253	0.1298
地上部合计	Aboveground total	5.7404	5.4501	5.5953
根	Roots	2.5412	2.4707	2.5060
林木合计	Woods total	8.2815	7.9208	8.1012
下木	Underbrushes	0.0015	0.0018	0.0017
凋落物	Litterfall	0.8595	0.8421	0.8508
年均生产力	Average annual production	1.6563	1.5842	1.6202
叶面积指数	LAI	7.80	7.20	7.50

就生物量的分配而言,地上部和根的比例为2.23:1,后者占林木总量的30.9%。就地上部而言,茎枝占最大比例:占林木总量6.22%;花果占最小比例:二者合计仅占总量1.8%;叶占总量的5.1%。

如果把现存量平均地分配到林木生长的每年中,则该群落林木的年均生产量为16.2t·ha⁻¹。为方便比较,下面列出一些学者对各种森林生产力的估测值:Whittaker^[7]估算地球上森林的净生产力是12—15t·ha⁻¹·a⁻¹(单位下同);Rodin^[6]估算亚热带半干旱、湿润地区植物的净生产力是13.8—25.5;木村允^[4]估算日本大隅半岛常绿阔叶林净

生产力是20.6；冯宗炜¹⁾估算我国湖南桃源 7 年生杉木林净生产力是9.9—11.1；陈传国²⁾估算东北长白山16年生红松人工林是15.4。本文对苏门答腊金合欢群落净生产力的测算基本上接近上述这些估测值。

(2) **群落生产结构** 研究群落生产结构可了解群落光合系统和非光合系统的空间配置情况。群落结构图能明确表示出构成群落的植物各部分量的比例、空间分布和受光状态的变化，在某种程度上直观地表示了群落的生产状况。

群落生产结构图(图 1)表明该群落光合系统的最大生物量在离地面3.5—5.0m处，这一层次的生物量占了整个光合系统的59.5%，是该群落同化作用的主层次。由于这一层次的遮盖，造成其以下层次光强的大幅度下降，在这个层次、相对光强从上界(5.0m处)的40.6%降到下界(3.5m处)的7.6%，减少了81.3%。从叶子生物量垂直分布看，离地面3.0m高处可大致视为一分界：该界线以上叶的生物量占全部光合器官生物量的83.5%，组成了该群落的林冠主体；由于该林冠的遮盖，这一界线以下的部分，其相对光强不超过4.6%。

这一群落茎枝生物量随高度而下降的梯度比较平缓：在离地面0.5—3.0m这一垂直区间(占整个群落垂直高度的一半)，单位面积(m²)茎枝生物量仅从0.6481kg下降到0.5261kg，下降幅度23.0%。可以认为，该群落茎枝生物量的垂直分布是比较均匀的。根的分布则不同：在离地表20cm深以内的土层中根的生物量占全部根量的47.4%；而大于1m深处的根量，仅约占全部根量的0.3%。

群落内光照强度的垂直衰减主要是叶子对光的吸收引起的。根据Monzi和Saeki^[4,5]研究，林冠内一定高度的相对光强，符合Beer-Lambert定律：决定于此高度以上林冠之叶面积，用公式表示为：

$$I/I_0 = e^{-K^*F} \tag{1}$$

式中：F为群落某一高度到该群落顶部的累计叶面积指数；K是各种植物当时的消光系数；I为林冠下已知高度的光强；I₀为林冠上面的光强。上式经过变换，可改成：

$$\ln(I/I_0) = -KF \tag{2}$$

从(2)式可看出，相对光强之对数与F存在着线性关系。我们根据实测的该群落各层次的相对光强与累计叶面积指数间的对应值绘出图 2。从图 2 可看出：消光系数 k 相当于该直线的斜率。据此，可算出该群落的消光系数。在图 2 中，相对光照降到10%

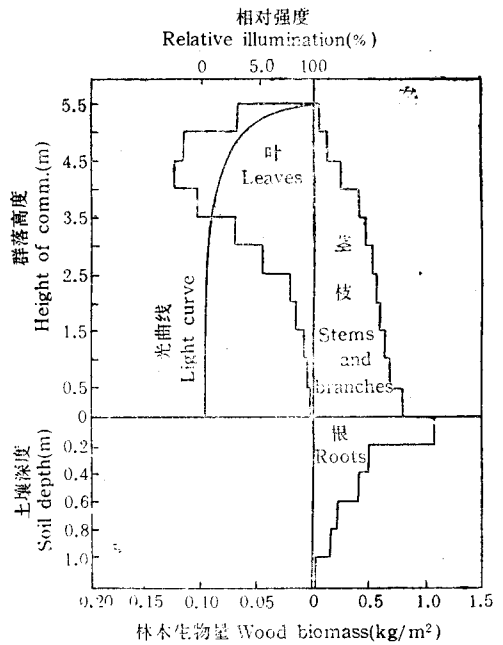


图1 5年生苏门答腊金合欢林木生长结构
Fig.1 Productive structure of the 5-year-old *A. glauca* comm.

1) 冯宗炜等，1980：杉木人工林生态学研究论文集，中国科学院林业土壤研究所，98—127。

2) 陈传国等，1980：红松人工林生物生产力的研究，陆地生态文集，中国科学院林业土壤研究所，72—92。

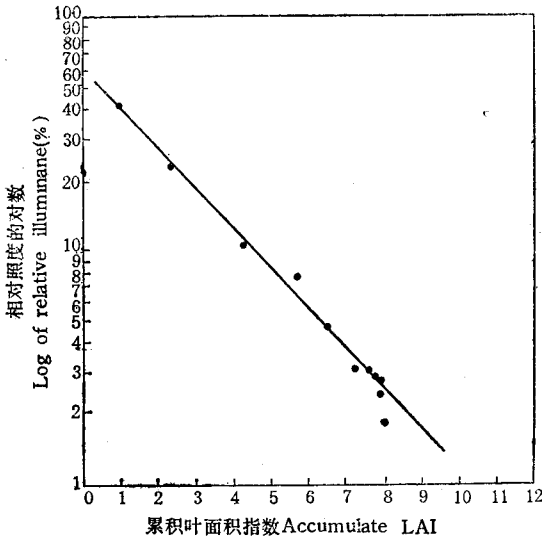


图2 从群落上部算起的累积叶面积指数与相对照度关系

Fig.2 Relationships between accumulate LAI and relative illuminance from the canopy of *A. glauca* comm.

$$= 6.765 \times 10^7 \text{kcal} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$$

因此,它的年太阳光能利用率为0.56%;以生理有效辐射占总辐射的40%计^[6],则年有效光能利用率为1.40%。

(4) 生物量测定的数学模型 按照 Huxie 提出的相对生长定律,林木各部数量单元间都有一定的关系。近十几年来,国内外报道了许多不同类型群落生物量测定的经验公式^[4,5]。为此我们也探讨了苏门答腊金合欢群落生物量及其测树学因子间的关系,使用了上述的实测数据进行公式推导。同时运用了下列3个公式进行推算:

1. 基径曲线式: $W = aD^b$; 2. 基径树高式: $W = a(D^2H)^b$; 3. 基径抛物线式: $W = a + bD + cD^2$

式中: W 为林木生物量, H 为株高, D 为基径, a, b, c 分别为常数。

公式1 通称Berkhout公式,是经典测定立木树干材积的方法^[5];公式2只是公式1中测树指标“ D ”用“ D^2H ”的变换。这3个公式在林木生物量测定中的实用性已有大量报道^[4,5,8,9]。

具体计算中,我们以植株的丛为单位,以 D 代表该丛植株的总基径(其面积是该丛植株基径面积的总和); H 代表该丛植株的平均高。计算结果列入表2。从表中可看出:不论用哪一公式进行茎枝,地上部,根和全株生物量的估算,其相关系数均在0.91以上,显著性检验表明各相关关系均极显著。因此可以认为,这些公式对该群落或类似群落的生物量测定均有实用性。表中还表明:公式 $W = a + bD + cD^2$ 在三个公式中其相关系数最大,在实测和计算上也更方便,对苏门答腊金合欢群落而言,其实用价值更高。

处的累计叶面积指数为4.4,代入式(2)得消光系数(k)值为0.52。

(3) 群落光能利用率 植物通过光合作用把太阳能转化为有机物形式存在的化学能。一定面积上植物同化太阳能形成的有机能量占该地太阳总辐射量的比率为该植物的光能利用率;占生理有效辐射的比率称有效光能利用率。利用上述测定结果,我们计算了该群落的光能利用率。厦门地处北纬 $24^{\circ}25' - 35'$,多年平均接受的年太阳总辐射量为 $120 \text{kcal} \cdot \text{cm}^{-2}$ ($1.2 \times 10^{10} \text{kcal} \cdot \text{ha}^{-1}$)^[2]按国际上通用的光合成方程式,每公斤植物(干重)贮存的太阳能为 $4176 \text{kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ 。据此,该群落在厦门地区年贮存太阳能为:

$$4.176 \times 10^8 \text{kcal} \cdot \text{t}^{-1} \times 16.2 \text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$$

在实际的生物量测算中,在选定样方后,只要对所选定样方的若干标准木按上述公式测算生物量,再从标准木的生物量平均值和样方株数乘积,或以各标准木生物量总值和样方全部植株与全部标准木基径合计之比值的乘积,可算出样地群落生物量值,并进而推算全部测量群落生物量值。

表 2 苏门答腊金合欢群落生物量测定经验公式

Tab.2 Regression equation of biomass of *A. glauca* comm.

公 式 Equation	系 数 Coefficient			相关系数 Correlation coefficient	标准差 standard deviation	
	a	b	c			
$W = aD^b$	W_s	0.1567	1.9882	0.9341	1.2529	
	W_u	0.1661	2.0105	0.9336	1.4173	
	W_r	0.0745	2.0101	0.9304	0.6431	
	W_t	0.2405	2.0106	0.9340	2.0377	
$W = a(D^2 H)^b$	W_s	0.0491	0.9124	0.9292	1.2894	
	W_u	0.0519	0.9210	0.9269	1.4747	
	W_r	0.0243	0.9130	0.9123	0.7155	
	W_t	0.0762	0.9185	0.9237	2.1707	
$W = a + bD + cD^2$	W_s	10.3609	-3.1234	0.3805	0.9418	1.2405
	W_u	11.7489	-3.5820	0.4329	0.9414	1.4018
	W_r	4.3580	-1.3245	0.1732	0.9358	0.6518
	W_t	16.1079	-4.9068	0.6062	0.9410	2.0297

W_s : 茎枝生物量 Biomass of stems and branches; W_u : 地上部生物量 Biomass of aboveground; W_r : 根生物量 Biomass of roots; W_t : 林木总生物量 Total wood biomass

表 3 厦门地区苏门答腊金合欢群落年凋落物量(5年生)

Tab.3 Annual litter fall in 5-year-old *A. glauca* comm. in Xiamen (g/m^2)

月 份 Month	叶 片 Leaf-blades	叶 轴 Leaf-axis	枝 Branches	花 Flowers	果 Fruits	合 计 Total	比 例 Ratio (%)	伴 生 种 Other species	总 计 Total
3	29.41	8.33	0.39	0	4.67	42.79	5.87	2.11	44.90
4	10.07	2.79	0.16	0	2.97	15.98	2.19	3.17	19.15
5	24.73	4.61	0.46	0	2.13	31.93	4.38	9.81	41.74
6	55.55	14.65	0.43	0	1.52	72.15	9.90	9.39	81.54
7	70.52	22.70	2.57	0	0.69	96.53	13.25	7.05	103.28
8	58.48	14.28	1.39	0	1.69	75.84	10.41	2.04	77.88
9	91.88	29.38	0.10	3.70	0.40	125.46	17.22	5.27	130.73
10	64.06	22.66	1.18	4.24	0.48	92.61	12.71	8.25	100.86
11	29.39	9.24	0.29	0.95	0.85	41.11	5.64	3.52	44.63
12	9.20	4.94	1.45	0.93	2.43	18.95	2.60	4.28	23.23
1	39.67	11.19	0.34	0.62	0.80	52.62	7.22	3.06	55.68
2	48.08	13.12	0.23	0.38	0.72	62.53	8.58	1.12	63.64
合计 Total	531.48	157.88	8.97	10.81	19.34	728.48	100	59.06	787.53
比例 Ratio (%)	72.96	21.67	1.23	1.48	2.66	100			

(二) 群落凋落物量

在苏门答腊金合欢的林下,常年都保持着相当大量的凋落物,其厚度常在 2—3 cm 间,对这种小叶型的植物来说,是相当可观了。表 3 是对 5 年生群落进行的全年凋落物量的统计。从表中可看到:

(1) 在厦门地区,该群落年凋落物量为 $787.5\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ($7.88\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)。凋落物中来自建群种的占 92.5%;其中,小叶片又占了大部分(73.0%),如果把叶轴加进的话,则凋落叶量占 94.7%;而干枝量仅占 1% 多一点;其余约 4% 是花、果。由于该植物叶片是纸质的、这种由软组织占大部分的凋落物在厦门的亚热带气候条件下,其分解速率是很快的。Golley^[6]认为凋落物是生态系统中生物养份循环的一个重要环节,并可作为循环速率的一个粗放指标。Rodin 等^[6]用林地土壤多年的凋落物残存总量和当年凋落物量的比值表示凋落物分解率并指示该群落生物循环强度。我们按照这一定义求算的苏门答腊金合欢群落的凋落物分解率为 1.08;根据 Rodin 等^[6]分类的生态系统中矿质循环的强度表,该群落矿质循环的强度可属“强烈”级。

(2) 苏门答腊金合欢在厦门地区 3 月开始发叶,平均叶龄 4 个月。这就是说,早期萌发的叶在 7 月中旬已开始脱落,适逢此时厦门地区夏秋季频繁的热带风暴袭击,形成了夏秋季的凋落高潮。由于这一季节的高温多雨,形成此时林下凋落物量多、分解快,淋失强的特点。这虽有利于生物循环速率的提高,却造成了相当大量养分的淋失,这是和主要在秋冬季落叶的群落不同的地方。从表 3 还可看到:该群落全年 12 个月均有凋落物,即使在冬季生长休眠期也仍有前期遗留的枯叶下落。这表明该群落的凋落物量在全年中是相对均匀的,这也有利于该生态系统的营养元素循环。

(3) 为研究凋落物对土壤的作用,对凋落物进行了氮、磷和钾含量的测定;同时以厦门常见的先锋树种台湾相思(*Acacia confusa*)和马尾松(*Pinus massoniana*)为对照进行比较。各项分析结果见表 4。

从表中可看到: a. 该群落凋落物中氮的含量远高于磷和钾含量。以每年每公顷 7.88t 凋落物而言,其氮、磷和钾分别是 152.1 、 32.3 和 $26.0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 。这一数字高于 Miller^[11]报道的新西兰硬山毛榉林中凋落物中三者的含量(分别是 126.8 、 8.0 和 $8.0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$)。

表 4 苏北答腊金合欢群落凋落物和凋落叶中氮、磷和钾含量

Tab.4 Content of element for N, P and K in litter fall and leaves fall in *A. glauca* comm.(%)

元 素 Element	苏门答腊金合欢凋落物 Litter fall of <i>A. glauca</i>	凋 落 叶 Leaves fall		
		苏门答腊金合欢 <i>A. glauca</i>	台湾相思 <i>A. confusa</i>	马尾松 <i>P. massoniana</i>
N	1.93	2.93	2.01	0.90
P	0.41	0.68	0.08	0.07
K	0.33	0.27	0.09	0.05

如果不考虑雨水造成的淋失,凋落物中大多数养分最终将为该群落再利用。b. 苏门答腊金合欢凋落叶中 3 种元素量均高于台湾相思和马尾松中的,其中氮分别是后二者的 1.5 和 3.3 倍,磷是 8.4 和 9.9 倍,钾是 3.1 和 5.6 倍。由于凋落叶占了凋落物的绝大部分,因此前者

凋落物对土壤3元素的再利用比后两者无疑有更大意义。必须指出,台湾相思也是豆科金合欢属根瘤固氮植物,但由于它的固氮能力小于苏门答腊金合欢,因而它对土壤的作用从这二方面来看都不如后者。事实上,苏门答腊金合欢确实对土壤具有很大的改良作用,有关这方面的研究我们将另文加以阐述。

四、结 论

1. 在厦门地区,5年生苏门答腊金合欢人工群落的现存量是 $81.0t \cdot ha^{-1}$,其平均生产力是 $16.2t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ 。就群落生物量的垂直分布而言,其光合器官的最大生物量在离地3.5—5.0m处。群落秋季的消光系数是0.52;光能和有效光能利用率分别为0.56%和1.40%。根据林木的高度和基径所确立的方程 $W = a + bD + cD^2$ 等可估测该群落的生物量,这些方程的相关系数均在0.91以上。

2. 在厦门地区,5年生苏门答腊金合欢群落的年凋落物量为 $7.88t \cdot ha^{-1}$;凋落叶占了凋落物的绝大部分;凋落高潮在夏秋季。按Rodin定义求算的凋落分解率为1.08;按其分类的生物循环强度属“强烈”级。凋落物中氮、磷和钾含量分别是152.1、32.3和 $26.0 kg \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ 。其凋落叶中的氮、磷和钾量均高于同样生境中台湾相思和马尾松凋落叶中的,且是它们的1.5—9.9倍。

3. 苏门答腊金合欢是一种生活力强,适应性广、速生快长、繁殖力强,用途广泛的新引种植物。本文从群落生态的角度阐明了它具有较高的生物量、凋落物量和较快的凋落物分解率;凋落物中的氮、磷、钾含量也较高。我们认为,在地少人多、土地瘠薄、水土流失严重的闽南各地和我国其他类似地区,作为一种新型优良的土壤改良先锋树种和可再生的速生能源植物,它具有较大的实用价值,值得大力推广。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析, 上海科学技术出版社, 62—131。
- [2] 罗汉民等, 1986: 气候学, 气候出版社, 31。
- [3] 陈忠仁等, 1980: 苏门答腊金合欢适应性观察和放养紫胶虫研究, 亚热带植物通讯。
- [4] 木村允, 1976: (姜 恕等译, 1981), 陆地植物群落的生产量测定法, 科学出版社, 62—118。
- [5] Madgwick, H. A. I., 1970(李文华等译, 1974): 植物生态学译丛(第一集), 科学出版社, 19—96。
- [6] Rodin, L. K., 1975(何妙光译, 1982): 世界主要生态系统生产力, 植物生态学译丛(第四集), 科学出版社, 33—170。
- [7] Whittaker, R. H., 1970(姚壁君译, 1977): 群落和生态系统, 科学出版社, 88—120。
- [8] Attiwill, P. M., 1966: A method for estimating crown weight in Eucalyptus, and some implications of relationships between crown weight and stem diameter, *Ecology* 47: 759—804。
- [9] Attiwill, P. M., and J. D. Ovington, 1968: Determination of forest biomass, *For. Sci.* 14: 13—15。
- [10] Brouwer, R., 1978: Soil physical conditions and functions of plant populations, North-Holland Publ. Company, 189—236,

STUDIES ON BIOMASS AND LITTER FALL OF *ACACIA* *GLAUCA* COMMUNITY IN XIAMEN

He Dun-huang Lin Peng
(Department of Biology, Xiamen University)

Abstract

This paper is a report on the studies on the biomass and litter fall of *A. glauca* community in artificial stand in Xiamen.

1. The biomass of 5-year-old *A. glauca* comm. is 81.0 t/ha, and the average net productivity is 16.2t/ha·a. Its solar radiant efficient is 0.56%. The extinction coefficient of the stand in autumn is 0.52. This biomass can be expressed by the regression equation as $W = a + bD + cD^2$ in which W is the theoretical biomass, D is the basal diameter, a , b , and c are constants.

2. The annual litter fall in 5-year-old *A. glauca* comm. is 7.88 t/ha. The content of the major elements in the falling leaves of *A. glauca* is (kg/ha·a) 152.1 for N, 32.3 for P, and 26.0 for K, and is higher than those in *Pinus massoniana* and *Acacia confusa* locally. The decomposite efficiency of the litter fall is fast.

Key words: *Acacia glauca*; Biomass; Litter fall