

杜仲人工林生物量及生产力研究*

周政贤 谢双喜

摘要 对贵州遵义、湖南慈利 26~27 年生杜仲人工林进行 2a 的生物量研究,调查标准地 20 块,测定样木 80 株,叶面积 71 组。研究表明,立地条件好的大于立地条件差的生物量;相同立地条件下,干、枝生物量比例随年龄增大而增加,叶、根生物量下降,而皮的生物量却保持较为恒定的比例,其中根皮量可占总皮量 30% 左右,采伐更新时应加以利用;同一林分中,生物量最大的为优势木,其次为中级木,最小的为被压木。通过林分密度调控和选择适宜的立地条件,以提高叶面积指数,是提高杜仲生产力的重要途径;建立的杜仲单株各器官生物量的回归方程,可供生产中应用。

关键词 杜仲人工林、生物量、生产力

杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliv.)是我国特有的重要经济树种,全树均可利用^[1]。而其人工(成)林生物量及生产力研究,国内外均未见有关报道。显然,研究现存人工林生物量及其潜在生产力,对于合理经营、利用好杜仲生产的各项产品,使其发挥更大的经济效益,在理论和实践上都具有一定意义。

1 调查地区概况及研究方法

1.1 调查地区概况

调查地区是贵州遵义杜仲林场和湖南慈利江榧林场。遵义海拔高 870 m,年均温 15.2℃,1 月均温 4.2℃,7 月均温 25.2℃,极端最高气温 38.7℃,极端最低气温 -7.1℃,年降水量 1 097.8 mm,相对湿度 80%。土壤为石灰岩上发育的粘质黑色黄色石灰土、土层厚薄不一,pH 值 6.5~7.5,石砾含量一般在 10%~30% 左右。林下以禾本科植物为主。慈利江榧林场位于湘西北的慈利县西北面,海拔 100~1 100 m,杜仲林主要分布在海拔 400 m 以下地段。年均温 16.7℃,1 月均温 4.9℃,7 月均温 28.6℃,极端最高气温 41.6℃,极端最低气温 -15.5℃,年降水量 1 388 mm,相对湿度 76% 左右。土壤主要为砂页岩上发育的山地黄壤,间有石灰岩上发育的石灰土,山地黄壤土层较深厚,有机质含量一般在 0.96%~3.04%,pH 值 4~6;石灰土土层厚度,一般为 80 cm 左右,pH 值 7~7.5,石砾含量约为 5%。林下植物以禾本科草为主。

调查研究林分主要为 26~27 年生的杜仲人工林,初植密度 6 000 株/hm² 左右,先后经过松土、除草、施肥、林粮间作及间伐,目前每公顷实际保留株数大约在 2 250~3 450 株,其林分平均高 3.7~14.11 cm。平均胸径 2.5~12.97 cm,另外,慈利江榧林场还有小面积的 6 年生、10 年生及 24 年生的杜仲人工林。

1992—07—10 收稿。

周政贤教授,谢双喜(贵阳农学院 贵阳 550025)。

* 参加工作还有郭光典同志及王欣、张晓珊、牟大庆、岳晓军、刘茜、张凤兰、陆朝凤等同学。调查过程得到陈再悦、史筱麟同志的大力支持。

1.2 调查研究方法

按常规设置标准地并作每木调查,选择 3~5 株平均木,高产林分,将林木分成优势木、中級木(即平均木)和被压木三级,将其伐倒作生物量测定,在野外根据实际情况分段分别测定其地上部分及地下部分各器官的鲜重。其中:干皮采用全剥称鲜重,枝皮、根皮采用选取样枝、样根分别称重求得枝皮率、根皮率;叶量采用全株摘称其鲜重;根量采用全面挖掘法剥皮分别称鲜重。

将各平均木各器官分别采集 10~20 g 样品,在 85℃ 恒温下烘至恒重,测定含水率,并换算出各器官的干物质重及全株生物量,按公式 $W=N \cdot \bar{W}_{\text{样木}}$ 计算单位面积林分生物量。

叶面积的测定是根据调查材料以 30~50 片叶为一组,利用叶鲜重与叶面积呈直线相关关系,配合回归方程 $Y=a+bx$ 推导出来的。其经验公式为:

$$Y = -21.442 + 44.044x \quad r = 0.993 (\text{遵义});$$

$$Y = -56.1756 + 51.6214x \quad r = 0.906 (\text{慈利})$$

平均净生产量 ΔW 由林分总生物量 W 被年龄(a)所除之商表示。

本项研究,历时 2 a,共调查标准地 20 块,测定生物量样木 80 株,测定叶面积 71 组(遵义 27 组,慈利 44 组)。

2 研究结果与分析

2.1 不同地区杜仲人工林生物量

遵义、慈利属于我国杜仲的中心产区^[2],由于气候、土壤及经营措施等方面存在一定的差异。故两地区的杜仲人工林生物量,在年龄大体一致的情况下,由表 1 可知:两地区林分总生物量也有一定差异,慈利 27 年生杜仲人工林林分生物量平均为 79.64 t/hm²,遵义 26 年生的林分为 72.07 t/hm²,按平均净生产量看,慈利为 2 950 kg/(hm²·a),遵义 2 772 kg/(hm²·a),慈利略高于遵义,主要是前者密度大的原因。从两地的林分密度来说,慈利平均为 3 112 株/hm²,遵义仅为 1 838 株/hm²,慈利的林分密度高于遵义 69%,而从林分现存生物量看,慈利仅高于遵义 10%。说明两地区的林分密度仍有不合理之处,慈利偏大,遵义略偏小。再从多数生

表 1 不同地区杜仲人工林生物量

地区	年龄(a)	密度(株/hm ²)	生长状况	胸径(cm)	树高(m)	林分生物量(t/hm ²)						单株生物量(kg)	样地数	
						总计	干	皮	枝	叶	果			根
遵	26	1 705	好	12.30	11.75	146.12	73.51	8.94	31.61	2.54		30.52	85.70	3
	26	1 958	中	7.51	7.42	45.86	22.91	3.67	5.35	2.10	0.38	11.45	23.42	6
	26	1 852	差	5.40	4.87	24.23	11.41	2.35	3.15	0.83		6.49	13.08	2
平均		1 838		8.40	8.01	72.07	35.94	4.99	13.04	1.82	0.38	16.15	39.21	
慈	27	3 375	好	10.90	14.10	190.09	115.79	20.52	23.98	3.58	0.42	25.82	56.32	1
	27	2 512	中	6.65	7.29	42.93	20.56	5.85	6.96	1.46	0.10	8.00	17.09	4
	27	3 450	差	2.50	3.70	5.91	2.33	0.92	0.49	0.22	0.01	1.94	1.71	1
平均		3 112		6.68	8.36	79.64	46.23	9.10	10.48	1.75	0.18	11.92	25.27	

注:遵义地区果的生物量为一个样地平均数;慈利地区果的生物量为 3 个样地的平均数。

长中等的杜仲林分来看,遵义的林分总生物量(45.86 t/hm²)又略高于慈利(42.93 t/hm²),而单株生物量则是遵义大大高于慈利,这可能与经营措施有关。遵义的杜仲林分除进行了一般的抚育外,还间伐过一次,这样就改善了林分的营养空间,促进单株林木的生长,从而也促进了整体林分的生长,所以遵义生长中等的杜仲林分单位面积株数虽较慈利为少,但单株生物量及林分总生物量却高于慈利,这表明了杜仲喜光的特性。合理间伐,改善林分光照条件能提高杜仲林分的生物量。

2.2 不同立地条件杜仲人工林生物量

杜仲对土壤、母岩和地形虽有较广泛的适应性,但也有一定的选择性。在不同的立地条件下,杜仲人工林其生长量是不相同的。由表2可见,不同坡位上的杜仲人工林在树高、胸径及生物量上都是有显著差异的,其表现依次为山凹部及平缓地,山下部,山中部,山上部。表2,在山凹的3个样地中,遵义26年生杜仲的林分平均树高和胸径分别在11.75 m和12.03 cm以上,林分生物量平均为145.84 t/hm²;山下部的林分树高和胸径分别为8.31 m和8.17 cm,林分生物量平均66.2 t/hm²,山中部的林分平均树高和胸径分别为6.47 m和6.73 cm,生物量为34.52 t/hm²;而山上部(包括山顶)的5个样地中,除1个样地生长较好外,其余4个林分平均树高为4.67 m,胸径4.64 cm,林分的平均生物量仅为20.60 t/hm²。山凹部的林分生物量为山上部的7倍,山下部为山上部的3倍。同样,慈利27年生人工林生物量在不同立地条件下亦表现出同样规律。从本次调查看,相同部位上的坡向对杜仲生长的影响不甚明显。而地形部位往往是通过土壤肥力状况的改变影响林木生长的。对于杜仲生长较好的山凹、山下部,多是土层较为深厚、肥沃的小生境,与杜仲喜肥沃、深厚、湿润的土壤生态学特性相适应,这正是杜仲在山凹及山下部生长较好的主要原因。

表2 不同立地条件杜仲人工林生物量调查

地点	年龄(a)	密度(株/hm ²)	平均胸径(cm)	平均树高(m)	坡向	坡位	土层厚度(cm)	有机质含量(%)	林分生物量(t/hm ²)	单株生物量(kg)	样地数
遵	26	1 740	11.70	11.75	SW	山凹	92		104.36	59.98	1
	26	1 665	11.43	11.90	NE	山凹	135		167.00	100.30	1
	26	1 710	12.97	11.60	NW	山凹	62		166.17	97.18	1
	26	1 815	8.17	8.30	NW	山下部	105		66.20	36.47	1
	26	2 085	6.29	6.31	SW	山中部	45		35.45	17.00	3
义	26	1 445	7.17	6.62	NW	山中部	40		33.58	23.24	1
	26	1 860	4.64	4.67	NE	山上部	39		20.60	11.03	4
	26	1 665	5.30	4.50		山顶	29		23.95	14.38	1
慈	27	3 375	10.90	14.10		平缓地	>100	4.80	190.09	56.32	1
	27	2 400	7.85	8.60	SE	山下部	>100	3.16	57.52	23.97	2
利	27	3 038	3.98	4.84	SE	山上部	80	0.92	17.24	5.67	3

2.3 不同林龄杜仲人工林生物量

从表3可见,随林龄增大,林分生物量增加;并随年龄的不同,其生物量各组分比例也随之有所变化。从6 a到24 a,林分生物量各组分比例先后为 $W_{干}$, $W_{根}$, $W_{皮}$, $W_{枝}$, $W_{叶}$,到27 a时,除 $W_{皮}$ 和 $W_{枝}$ 略有变化外,大体分配比例仍同以前各年龄的林分。从表3还可见,随林龄增大,叶和根的生物量比例随之减少,干和枝的生物量比例则有所增加;而皮的生物量则保持了相对恒

表 3 不同林龄杜仲生物量组成

林龄 (a)	生物量 (t/hm ²)						根冠比
	干	皮	枝	叶	根	合计	
6	2.17 (44.92)	0.64 (13.25)	0.51 (10.56)	0.30 (6.21)	1.21 (25.05)	4.83 (100)	2.24
10	8.78 (50.87)	2.05 (11.83)	1.90 (11.01)	0.97 (5.62)	12.52 (20.63)	84.64 (100)	3.14
24	54.56 (64.08)	9.98 (11.72)	6.72 (7.90)	1.36 (1.60)	12.52 (14.70)	85.14 (100)	4.60
27	57.59 (56.72)	12.06 (11.88)	14.69 (14.47)	2.45 (2.41)	14.75 (14.52)	101.54 (100)	5.88

注:括号内的数据单位为%,表 4 同。

定的比例,变幅不大(11.72%~13.25%)。根冠比随林龄增大而增加。

2.4 不同生长级林木生物量及根皮量

同一林分中,不同生长级林木的生物量有明显差异。生物量最大的为优势木,依次为中级木、被压木,遵义和慈利两地优势木、中级木和被压木生物量比例大致分别为 1.00 : 0.31 : 0.07 和 1.00 : 0.43 : 0.07(见表 4)。所以在林分密度过大,林木分化严重时,合理间伐是必须的。干、皮、根的生物量比例大体随胸径增大而逐渐下降,即以被压木的比例最高,这与许多树种如杉木、云杉等的研究结果一致^[3~6],而叶量比例,则以中级木为高。

表 4 相同林分不同生长级林木生物量

地点	年 龄 (a)	生 长 级	胸径 (cm)	树高 (m)	生物量 (kg)					
					干	皮	枝	叶	根	合计
遵	26	优势木	18.8	14.16	104.85 (41.45)	9.35 (3.70)	60.42 (23.89)	4.16 (1.64)	74.16 (29.32)	252.94 (100)
		中级木	12.8	13.60	44.67 (57.66)	4.94 (6.37)	9.12 (11.77)	1.74 (2.25)	17.01 (21.95)	77.48 (100)
义	26	被压木	7.0	10.30	11.19 (60.19)	1.67 (8.98)	1.91 (10.27)	0.37 (2.0)	3.45 (18.56)	18.59 (100)
慈	27	优势木	17.5	15.20	90.34 (59.70)	16.45 (10.87)	19.81 (13.09)	2.42 (1.60)	22.31 (14.74)	151.33 (100)
		中级木	10.6	13.60	35.89 (55.50)	6.29 (9.73)	14.10 (21.81)	1.88 (2.91)	6.50 (10.06)	64.66 (100)
利	27	被压木	4.8	9.59	6.35 (64.33)	1.34 (13.59)	0.68 (6.89)	0.20 (2.20)	1.30 (13.17)	9.87 (100)

此外,遵义、慈利两地杜仲林分生物量调查表明,地上部分皮量(干皮和枝皮)与地下部分皮量(根皮)之比均为 2.5 : 1,即根皮量可占总皮量的 30%左右,随立地条件改善,该比值变小,反之立地条件越差,其根皮量所占比例越大。而且根皮量中的大于 5 mm 的根皮量又可占总根皮量的 90%左右。所以在今后对杜仲皮利用时,根皮也是一个不可忽视的部分。

2.5 杜仲人工林总生物量与叶生物量关系

表 5 表明,不同年龄和不同立地条件下的林分有不同的叶量与叶面积指数。随年龄的增大和立地条件的改善,杜仲林分叶生物量和叶面积指数增大,并随叶面积指数的增加,林分生物量和净生产量增加,反之则减少。表明杜仲的叶面积指数与林分总生物量关系十分密切。因此,

通过林分密度动态调控和选择适宜的立地条件,以提高杜仲林分的叶面积指数,是提高杜仲生产力的重要途径。

表5 杜仲人工林总生物量和叶生物量关系

林龄(a)	立地条件	总生物量(t/hm ²)	净生物量(t/(hm ² ·a))	叶生物量(t/hm ²)	叶面积指数
6	好	4.83	0.82	0.30	0.58
10	好	17.26	1.72	0.97	1.91
24	好	85.14	3.53	1.36	3.05
27	好	101.54	3.76	2.45	4.92
27	好	50.02	1.85	1.60	3.09
27	中	29.50	1.09	0.54	1.06
27	差	5.91	0.22	0.22	0.42

注:表列林分结构相似,其中不同林龄林分结构基本合理。

表6 杜仲各器官生物量与D²H的回归方程

类别	地点	回归方程	相关系数
单株总生物量	遵义	$\lg W_{\text{总}} = 0.7972 \lg D^2 H - 0.4046$	0.971
	慈利	$\lg W_{\text{总}} = 0.8007 \lg D^2 H - 0.8114$	0.990
干材	遵义	$\lg W_{\text{干}} = 0.8343 \lg D^2 H - 0.1596$	0.978
	慈利	$\lg W_{\text{干}} = 0.9992 \lg D^2 H - 0.3503$	0.998
树皮	遵义	$\lg W_{\text{皮}} = 0.6180 \lg D^2 H - 0.0776$	0.896
	慈利	$\lg W_{\text{皮}} = 0.8017 \lg D^2 H - 1.86423$	0.988
枝	遵义	$\lg W_{\text{枝}} = 0.9920 \lg D^2 H - 0.1442$	0.916
	慈利	$\lg W_{\text{枝}} = 0.9322 \lg D^2 H - 2.0655$	0.956
叶	遵义	$\lg W_{\text{叶}} = 0.4210 \lg D^2 H - 0.4355$	0.750
	慈利	$\lg W_{\text{叶}} = 0.6157 \lg D^2 H - 1.8758$	0.911
根	遵义	$\lg W_{\text{根}} = 0.7650 \lg D^2 H - 0.1189$	0.995
	慈利	$\lg W_{\text{根}} = 0.6420 \lg D^2 H - 1.1282$	0.954

2.6 杜仲生物量的相对生长

杜仲生物量与树高和胸径有显著的相关关系。用胸径和树高作为变量,用公式: $\log W = a + b \log D^2 H$ 对遵义和慈利杜仲林分的单株各器官的生物量建立了回归方程。

以上方程,除遵义在 $W_{\text{叶}}$ 和 $W_{\text{皮}}$ 的相关系数分别为0.750和0.896回归达显著水平外($P \leq 0.01$),而其余方程均达极显著水平($P \leq 0.001$),可供生产中应用。

3 结论

(1)贵州遵义和湖南慈利两地区26~27年生杜仲林总生物量、年净生产量都比较接近。

(2)杜仲生物量在不同坡位表现依次为山凹部及平缓地,山下部,山中部,山上部。但是遵义26年生杜仲人工林林分总生物量72.07 t/hm²,净生产量为2.77 t/(hm²·a)。慈利27年生林分总生物量为79.64 t/hm²,净生产量为2.95 t/(hm²·a)。其净生产量均不高。而立地条件好的林分净生产量可达5.6 t/(hm²·a)。

(3)相同立地条件下,不同年龄的杜仲林分的生物量随年龄增大而增加, $W_{\text{叶}}$ 和 $W_{\text{根}}$ 占林分总生物量的比例随年龄增大而下降, $W_{\text{干}}$ 和 $W_{\text{枝}}$ 占林分总生物量的比例随年龄增大而增加,而 $W_{\text{皮}}$ 却保持较为恒定比例。

(4)26~27年生杜仲根皮量可占总皮量的30%左右,主伐更新时,应加以利用。

(5)杜仲林分总生物量与叶面积指数关系十分密切。通过林分密度调控,选择适宜的立地条件,以提高杜仲林分叶面积指数,是提高杜仲生产力的重要途径。

(6)所建立的杜仲单株各器官(干、皮、枝、叶、根)的生物量回归方程,可供生产应用。

参 考 文 献

- 1 周政贤,史筱麟,郭光典.杜仲.贵州:贵州人民出版社,1980.
- 2 周政贤.我国杜仲的类型、分布及引种.林业科学,1980,16(增刊).
- 3 叶镜中,姜志林.苏南丘陵杉木人工林的生物量结构.生态学报,1983,3(1):7~14.
- 4 陈炳浩,陈楚莹.沙地红皮云杉森林群落生物量和生产力的初步研究.林业科学,1980,16(4):269~278.
- 5 冯宗炜.湖南会同地区马尾松生物量的测定.林业科学,1982,18(2):127~134.
- 6 江 洪.紫果云杉天然中龄林分生物量和生产力的研究.植物生态学与地植物学学报,1986,10(2):146~152.
- 7 张家贤.海南五针松人工林分生物量的研究.植物生态学与地植物学学报,1988,12(1):63~68.
- 8 丁宝永.落叶松人工林群落生物生产力的研究.植物生态学与地植物学学报,1990,14(3):226~236.

Studies on the Biomass and Productivity of *Eucommia ulmoides* Plantation

Zhou Zhenxian Xie Shuangxi

Abstract Studies on the biomass of *Eucommia ulmoides* Plantation of 26~27 years old were conducted in Zunyi, Guizhou Province and Cili, Hunan Province with 20 plots, 80 sampling trees and 71 leaf-surface groups. The results show that the biomass of a stand on a good site is greater than that of another on a poorer site and that on the same site condition, the trunk and branch biomass ratio increases with the increase of age, but the leaf and root biomass decreases with the increase of age, and the bark biomass keeps more stable. The root's cuticle is some 30% of the total and it can be utilized after cutting. In the same stand, the dominant tree has the maximum biomass, the middle ones the second and the suppressed ones the minimum, controlling the density of the stand and choosing the suitable site for cultivation are the two important measures to increase the yield of *Eucommia ulmoides*. Besides, the establishment of regression equation for each nutrition organ's biomass of individual tree can be used in practical production.

Key words *Eucommia ulmoides* plantation, biomass, productivity