

我国森林植被的生物量和净生产量

方精云 刘国华 徐嵩龄^{*}

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

5718.556

A

摘要 利用森林蓄积量推算森林生物量和净生产量的方法, 系统研究了我国森林植被的生物生产力。结果表明, 我国森林生物生产力的地理分布规律与世界总趋势一致, 但量上有差异, 具体表现在, 我国森林生物量的平均值小于世界平均水平, 而净生产量却显得较高; 我国森林的总生物量是 9102.87×10^6 t, 其中, 林分为 8592.13×10^6 t, 经济林 325.72×10^6 t, 竹林 185.02×10^6 t, 疏林、灌木林 790.54×10^6 t; 森林和疏林(含灌木林)的总生产力分别是 1177.31×10^6 t/a 和 458.16×10^6 t/a。研究结果还显示, 用材积推算的生物量(材积源生物量)比用平均生物量计算的结果更符合实际, 分析中国森林在中国及全球陆地碳库中的作用发现, 与其他区域和世界平均水平相比较, 中国森林在中国陆地植被中所起的主导作用较弱, 它的生物量不足全球森林总生物量的 1%, 然而, 它在保护中国土壤碳库功能方面起着其他植被类型所无法替代的作用。

关键词: 森林生物量, 蓄积量, 净生产量, 全球变化。

森林生态学, 森林植被;

BIOMASS AND NET PRODUCTION OF
FOREST VEGETATION IN CHINA

Fang Jingyun Liu Guohua Xu Songling

(Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100085)

Abstract Method for estimating biomass and net production of forest vegetation from stem volume of stand was proposed in this paper, and biological production all over China was estimated by using this method. As a result, average biomass was smaller, and mean net production was higher in China than mean values of the world. Total biomass in Chinese forest vegetation was 9102.9×10^6 t, of which 8592.1×10^6 t for stands, 325.7×10^6 t for economic forest, 185.0×10^6 t for bamboo forests and 790.5×10^6 t for scrub forest. The total net production was 1177.3×10^6 t $\cdot$ a⁻¹ for forest vegetation and 458.2×10^6 t $\cdot$ a⁻¹ for forests and scrub forests. Volume-derived biomass was smaller than that estimated by mean biomass method. Analyzing the contribution of Chinese forest carbon pool to the global terrestrial carbon pools, it was found that biomass of Chinese forest was small, with below 1% of the global forest biomass.

- * 国家八五科技攻关项目和国家自然科学基金资助项目。张舒环参加部分工作, 在此一并致谢。
- * 现工作单位, 中国环境科学研究院。

收稿日期, 1994-10-09, 修改稿收到日期, 1996-01-12。

Key words: forest biomass, global terrestrial carbon pool, net production, stem volume.

60~70 年代实施的国际生物学计划(IBM)标志着生物学研究进入了重视宏观科学的崭新时代。在此期间,世界上一些发达国家对地球上各类生态系统的生物生产力进行了广泛的研究。这个计划不仅增加了人类对全球生态系统结构和功能的理解和认识,也基本阐明了人类赖以生存的生物生产力资源在全球的分布。随着国际地圈-生物圈计划(IGBP)的实施和国际社会对全球气候变化的关注,生物圈,特别是森林生态系统的重要性再次被高度重视起来,一个新的生物学研究热点正在形成。由于历史的原因,拥有十分丰富的生态系统多样性的中国没能赶上 IBM 时代,却是 IGBP 的主要参与国。中国的全球变化研究进入了世界主要成员的行列。作为中国全球变化研究的重要一环,国家科委实施了全球气候变化的科技攻关项目,在该攻关项目和国家自然科学基金的支持下,笔者开展了中国陆地生态系统的二氧化碳源汇功能的研究。本文报道中国森林生物量和净生产力的研究结果。按照我国森林资源资料的划分,森林包括林分、经济林和竹林三部分。为了便于归类和整理,将疏林、灌木林也列入本文的研究范畴。生物量不仅联系着生物 CO₂ 的排放量,也关系着中国 12 亿人口生计的基本生活资源,因此,可望本工作为摸清中国的生活资源提供基本数据。由于未收集台湾省的资料,所以本研究不包括台湾省。此外,本文的生物量(Biomass)指植物的现存量。

1 研究资料和研究方法

1.1 研究资料

本研究所采用的基本资料是国家第三次森林资源清查资料(1984~1988 年)* (下称森林资源清查资料)** 和全国各地的生物生产力研究资料(此处称文献调研资料)。森林资源清查资料包括各类树种在全国各省的面积和蓄积量。虽然蓄积量资料提供了全国森林材积的准确信息,但却无法了解它们的全部生物量。在森林生物量的组成当中,树干(材积)只是其中的一部分,并且所占的比率依树种和立地条件不同而差异较大^[1]。因此,为了推算某一树种总的生物量,还必须知道枝、根和叶的生物量。树干与总生物量和其他器官之间存在相关关系,所以,由树干材积推算总生物量是可行的^[1,2]。Brown & Lugo^[1]把用这种方法计算的生物量称作材积源物生物量(Volume-derived biomass)。本文也采用这个术语。为此,收集了全国各地与生物量和蓄积量有关的研究数据 758 组,并利用 Connell^[13]收集的有关生物量资料,作为建立两者之间关系的有效数据。

1.2 蓄积量以及地下部生物量的补缺

利用上述资料,为每个树种确立林分生物量与蓄积量的关系,以用来由蓄积量推算生物量。然而,在实际操作中,这些资料中的部分数据并不齐全,有些仅有生物量和平均胸径及平均高,而缺乏蓄积量;有些则仅有地上部生物量,而缺乏地下部生物量。对这类资料进行了如下统计处理。

* 林业部统计资料:全国森林资源统计(1984~1988)。

** 收集了自 1990 年以来我国正式刊物上发表的有关生物量和生产力的文献资料,由于篇目太多,不能一一列入参考文献。

1.2.1 蓄积量的补缺

有平均胸径和平均高而缺乏蓄积量的资料大多是针叶林。首先利用测树因子齐全(具有蓄积量、平均胸径、平均高和林分密度)的资料,根据二元材积表,由平均胸径和平均高查得平均材积,再根据林分密度求得林分蓄积,称为推算蓄积(V_{est}),而将文献中原有的蓄积称为实测蓄积(V_{obs})。然后,建立 V_{est} 和 V_{obs} 之间的统计关系,由 V_{est} 推算 V_{obs} 。

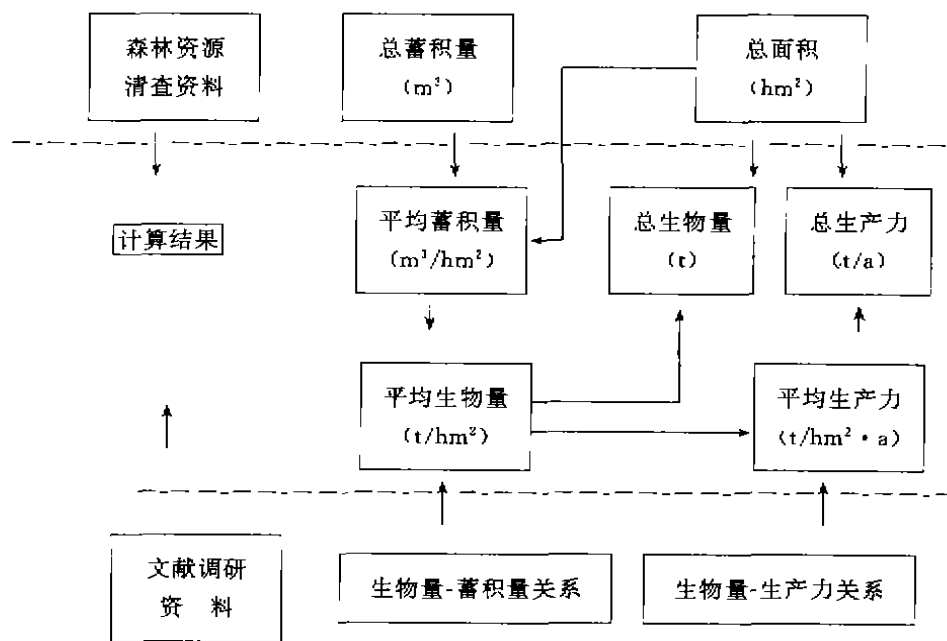
1.2.2 地下部生物量的补缺

首先根据地上部和地下部都齐全的资料,求出每一树种的地上部与地下部生物量之比,记作 T/R 比。根据 T/R 比,由地上部生物量求算地下部的生物量。表 1 列出了各树种的 T/R 比,并由此求算林分的总生物量(见表 1)。

1.3 确定生物量与植物净生长量的关系

一个树种的净生长量(生产力)与林分生物量、林分状况以及林龄有关。一般情况下,林分生长状况和林龄可由林分生物量体现。由于生物量数据来源较为容易,也比较可信。因此,本文利用生物量推算林分的生产力。为此,建立了各类森林的这种关系(见表 2)。

1.4 森林资源清查资料提供了各省各类森林的总面积和木材的总蓄积量。利用生物量与蓄积量(表 1)以及生物量和生产力的关系(表 2),就可以计算各省各类森林的总生物量(或生产力)和平均生物量(或平均生产力)。其计算程序如下。在这个计算程序中,计算结果来自森林资源清查资料和文献调研资料。



1.5 经济林和竹林生物量的计算

在森林资源清查统计资料中,将经济林划分为油料林、特种经济林、果树林和其他经济林四大类。关于它们的生物量极少有报道。参照文献^[11]标准,计算我国经济林的生物量和生产力。即平均生物量为 23.7 t/hm^2 , 平均生产力为 $9.2 \text{ t}(\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{-1}$ 。

竹林的面积和株数数据来源于第三次森林资源清查资料。它的总生物量由总株数和平

表 1 计算我国森林生物量的基本参数

Table 1 Basic parameters of calculating forestry biomass

森林类型 Type of forestry	生物量 Biomass		生物量/材积 Biomass/Volume		地上/地下 Ground/underground			生产力(t/hm ²) Production		蓄积量(V)与生物量(B)之 间关系 V-B (B=aV+b) a/b/R/n			
	样本数 Shape	平均 Mean	SD	样本数 Shape	平均 Mean	SD	样本数 Shape	平均 Mean	SD	样本数 Shape	平均 Mean		
杉 木	74	86.28	53.031	56	0.54	0.148	73	4.7	2.549	14	8.61	2.712	0.3999/22.5410/0.97/56
马尾松、云南松	12	81.14	31.842	5	0.52	0.036	12	6.23	2.655	6	7.13	3.63	B=0.52V
红松林	19	65.41	29.44	17	0.38	0.667	17	4.22	0.801	2	3.31	0.07	0.5185/18.22/0.953/17
落叶松	13	139.53	75.36	9	0.99	0.198	13	4.81	3.979	10	11.28	3.241	0.967/5.7598/0.99/8
云、冷杉	19	135.95	89.657	15	0.91	0.328	19	3.94	0.639	13	12.41	4.527	0.4642/47.499/0.99/13
樟子松	11	49.32	19.232	2	1.11	0.016	11	3.14	0.881	—	—	—	B=1.11V
油 松	90	88.66	56.836	82	0.81	0.126	90	4.12	0.929	81	8.81	3.657	0.7554/5.0928/0.98/82
华山松	10	71.83	25.035	9	0.86	0.19	10	5.09	1.345	4	11.52	2.556	0.5856/18.7435/0.95/9
其他松树	22	120.3	98.066	8	1.05	0.673	23	4.12	1.102	9	13.06	2.71	0.5168/33.2378/0.97/15
柏木类	19	213.07	89.506	17	0.67	0.07	19	3.5	0.528	19	14.3	4.927	0.6129/26.1451/0.98/11
针阔混交	9	93.66	84.478	9	1.14	0.455	5	3.85	0.695	3	9.4	7.644	0.8019/12.2799/0.998/9
杨 树	16	109.09	42.827	10	0.66	0.112	14	6.25	3.613	—	—	—	0.4754/30.6034/0.929/10
桦 木	6	123.13	45.245	4	0.97	0.034	5	2.89	0.215	4	8.85	3.158	0.9644/0.8485/0.977/4
槲 类	6	89.15	76.267	3	1.24	0.051	6	2.87	1.062	1	1.4	—	1.3288/-3.8999/1.00/3
樟、楠木、榿、青冈	21	163.67	81.287	17	1.08	0.171	17	4.28	0.327	11	14.54	4.484	1.0357/8.0591/0.91/17
椴 树	11	178.26	187.97	4	0.9	0.056	11	7.45	1.264	5	15.22	4.686	0.7893/6.9306/1.00/4
木麻黄	11	88.75	48.189	—	—	—	11	4.77	1.104	—	—	—	按热带林计算
樟树及阔叶混交林	19	313.61	80.301	19	0.91	0.129	19	4.95	0.952	19	10.43	4.966	0.6255/91.0013/0.93/19
热带林	12	324.28	147.066	3	0.97	0.015	12	6.09	3.774	11	24.51	10.77	0.9505/8.5648/0.999/8
杂木(刺槐等)	11	52.17	29.004	11	0.97	0.189	11	5.04	2.209	10	21.76	10.813	0.7564/8.3103/0.0986/11
柳杉、铁杉、水杉等	22	208.86	126.148	22	0.57	0.141	22	4.03	0.667	22	12.95	4.787	0.4158/41.3318/0.94/21

均单株生物量推算。分析聂道平^[6]的研究结果,发现单株生物量与立竹密度(林分密度)之间无相关关系,在 2788~4545 株/hm² 密度范围中,单株生物量变动于 22.35~22.62 kg/株之间。本文取平均 22.5 kg/株计算。

表 2 各类森林的生产力(y)与生物量(x)之间的函数关系

Table 2 Relationships between biomass(x) and net production (y) in various forest types

森林类型 Fores type	函数关系 Equation	r	n
杉 木	$y = -0.018x + 9.059$	$r = -0.36$	$n = 10 (p < 0.5)$
马尾松、云南松、华山松等	$y = 5.565x^{0.157}$	$r = 0.47$	$n = 15 (p < 0.1)$
落叶松、红松	$y = -0.018x + 14.294$	$r = -0.32$	$n = 10 (p < 0.5)$
云、冷杉	$y = 11.28$	(取平均值)	
油 松	$1/y = 5.71/x + 0.047$	$r = 0.93$	$n = 81 (p < 0.01)$
柏木类	$1/y = 12.092/x + 0.048$	$r = 0.68$	$n = 19 (p < 0.01)$
桉树及阔叶混交林	$y = 0.208x + 1.836$	$r = 0.97$	$n = 8 (p < 0.01)$
常绿阔叶林	$y = 14.54$	(取平均值)	
热带林、木麻黄	$y = 24.51$	(取平均值)	
杂木林	$y = 0.336x - 3.121$	$r = 0.88$	$n = 10 (p < 0.01)$
柳杉、铁杉、水杉	$y = 81.54 x^{-0.353}$	$r = -0.54$	$n = 22 (p < 0.01)$
桦木、椴、栎类	$y = 8.85$	(取平均值)	
疏林、灌木林	$1/y = 1.27/x^{1.156} + 0.056$	$r = 0.97$	$n = 9 (p < 0.01)$

1.6 疏林、灌木林生物量的计算

疏林、灌木林的面积来自《中国自然资源手册》^[4]。该手册中只列出了各省的面积,需要推算生物量。由于国内该类型的森林生物量或蓄积量和资料奇缺^[4,11]。因此,参考了国外的研究^[5~7]。

根据我国的自然景观,将全国的疏林、灌木林分为 3 个区域:秦岭淮河以南地区、秦岭淮河以北的东部(包括东北、华北)和西北地区(包括甘肃、青海、宁夏和新疆),它们的平均生物量分别取 19.76^[4], 13.14^[11]和 13.9 t/hm²^[5]。各省份的总生物量由平均生物量和总面积求得。由于这类植被的生物量在整个森林植被中所占的比率较小,因此,这种处理是合适的。它们的生产力也由生物量推算。

2 结果和讨论

2.1 森林生物生产力的基本特征及其分布规律

表 1 列出我国各类林分的生物生产力的几个特征参数,即平均生物量、生物量/蓄积量之比(B/V 比),T/R 比和平均生产力。从表 1 可以看出下列几个趋势:

2.1.1 我国森林生物量的平均值变动于 49~324 t/hm² 之间。热带林最高为 324 t/hm²,温带落叶阔叶林(栎类)和针阔混交林在 90 t/hm² 左右,而亚寒带或亚高山针叶林(云、冷杉和落叶松林)在 135~140 t/hm² 左右。另一方面,我国分布面积广阔的松林(马尾松、云南松、油松、华山松等)大多在 70~90 t/hm² 之间,樟子松由于大多生长在沙地,生物量最小,仅 49 t/hm²。生长在亚热带地区的柳杉、铁杉、水杉等表现出高的生物量,高达 210 t/hm²。Whittaker & Linkens^[7]总结了世界各地的生物量分布,认为热带林在 350~440 t/hm² 之间,亚热带常绿阔叶林、温带落叶林和亚寒带针叶林的平均生物量分别为 356、300 和

1) 戴小兵, 1991, 中国科学院植物研究所博士论文。

200 t/hm², 显然比我国的平均值要高。究其原因, 一是我国地带性森林大多已丧失其原生性质, 基本上由次生林替代, 并且我国的热带林已处于热带北缘, 温带森林又带有旱生性质, 因此, 生物量积累较少。但彭少麟等报道^[9]我国典型南亚热带林(鼎湖山)的生物量为 380 t/hm²。该值已达到热带林的世界平均水平, 因此, 我国一些地方的典型植被类型的生物量达到世界水平是可能的。二是 Whittaker 等人^[7]的工作大多来自各国在 IBP 期间的研究成果, 选择的森林多为典型类型, 难说代表了实际的平均情况, 因此, 结果很可能偏大。本文表 1 所收集的资料也高于实际森林的平均值, 因为人们一般都会把样地选择在相对郁闭、林相较好的林分中。

2.1.2 生物量和蓄积量之比(B/V)虽然没有表现出明显的特征, 但一般来说, 阔叶林大于针叶林。针叶林的比值大都在 0.5~1.0 t/m³ 之间, 而阔叶林除杨树外都在 0.9 t/m³ 以上。

2.1.3 地上生物量与地下生物量之比(T/R)反映了根系和生活型的特征。一般来说, 浅根性的、喜湿性的和生长高大的树种具有较大的 T/R 比, 反之亦然。如浅根性且生长快的杨树和热带林、桉树林等都具有较大的 T/R 比值, 它们都在 6.0 以上。深根性的桦木和栎树林则具有较小的 T/R 比值。

2.1.4 我国森林的净生产量的一般趋势是, 热带林平均为 24.5 t/hm²·a, 亚热带常绿阔叶林为 14.5 t/hm²·a, 亚寒带(亚高山带)针叶林约为 11.8 t/hm²·a, 表现出自南至北递减的规律。温带阔叶林的资料太少, 不能给出结论。松、杉等针叶树大多在 7~11 t/hm²·a 之间。这些结果略高于世界的平均水平^[2,7]。这与我国森林大都未进入成熟阶段, 从而表现出较快的生长速率因素有关。

2.2 蓄积量与生物量, 生物量与生产力的关系

2.2.1 推算蓄积(V_{est})与实测蓄积(V_{obs})的关系

用杉木林例示 V_{est} 与 V_{obs} 之间的关系, 表明两者之间呈现良好的线性相关(图 1)。因此, 用推算蓄积计算实测蓄积是可信的。下面给出主要针叶林的 V_{est} - V_{obs} 关系。

$$\text{杉木: } V_{obs} = 1.01 V_{est} - 4.96 \quad (n=43, r=0.99)$$

马尾松、云南松、火炬松等:

$$V_{obs} = 1.10 V_{est} + 10.24 \quad (n=25, r=0.98)$$

$$\text{油松: } V_{obs} = 1.10 V_{est} + 11.55 \quad (n=8, r=0.97)$$

$$\text{樟子松: } V_{obs} = 0.92 V_{est} + 7.82 \quad (n=7, r=0.99)$$

$$\text{落叶松: } V_{obs} = 0.87 V_{est} + 22.81 \quad (n=20, r=0.99)$$

$$\text{云、冷杉: } V_{obs} = 1.08 V_{est} - 3.63 \quad (n=15, r=0.99)$$

2.2.2 蓄积量与生物量的关系

利用文献调研资料, 确定蓄积量(X_v)与生物量(Y_b)的数量关系是计算全国各类森林生物生产力的基础。统计表明, 两者之间存在一定的线性关系, 用(1)式表示:

$$Y_b = aX_v + b \quad (1)$$

式中, X_v 和 Y_b 分别表示林分蓄积(m³/hm²)和林分生物量(t/hm²)。a 和 b 均为参数。

图 2 例示杉木林的 Y_b - X_v 关系, 线性关系良好。在(1)式中, 当蓄积量很小时, 生物量接近于一常数, 表明树干在生物量的贡献率中所起的份量较小; 当蓄积量很大时, a 值趋

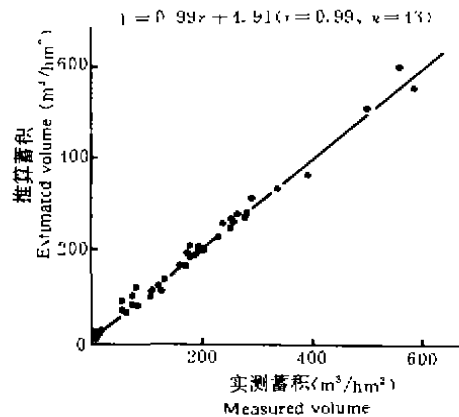


图1 杉木林推算蓄积(V_{est})与实测蓄积(V_{obs})的关系

Fig. 1 Relationship between measured and estimated stem volume in *Cunninghamia lanceolata* forests

式(1)或式(2)的生物学意义, 因为林分蓄积量包含了森林类型、年龄、立地条件和林分密度等诸多因素, 因此, 利用它与林分生物量之间的关系推算生物量就消除了这些诸多因素的影响。

向于 Y_b/X_b 比, 本文记作 k 。 k 值在森林生产力生态学中具有重要意义^[1]。

从式(1), 得到式(2)。

$$k = \frac{b}{X_0} + a \quad (2)$$

即换算系数 k 值与蓄积量(X_0)成为倒数关系。国外在利用蓄积量推算生物量时, 均采用一不变的 k 值进行推算(如 Brown & Lugo^[1])。显然, 这是非常不合理的。由式(2)可知, 未进入成熟林的森林, k 值的变化非常显著。例如, 杉木林的蓄积量为 10 m^3 时, k 值为 2.65; 而当它的蓄积量为 100 m^3 时, $k = 0.63$ 。两者相差甚大。只有在蓄积量为无限大时, k 值才保持不变。

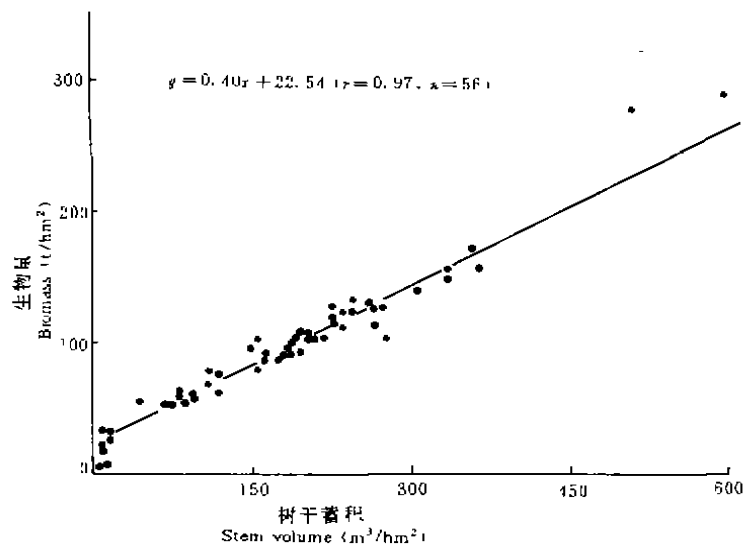


图2 杉木林的生物量与蓄积量的关系

Fig. 2 Relationship between biomass and stem volume of stand in *Cunninghamia lanceolata* forests

2.2.3 生物量和净生产量的关系

由于生产力的资料少, 因此对一些森林类型来说, 要建立生物量与净生产量之间的关系不具备足够的样本数。但在现有情况下, 通过建立两者的关系来推算生产力又是一种合

理的方法,它比国外用平均生产力资料推算大区域的生产力的方法更科学、合理。对于确实无法建立函数关系的森林类型,本文采用平均值来推算林分的生产力。图3例示油松林净生长量与生物量的关系,用倒数函数拟合它,结果良好。表2列出了一些树种的生物量与生产力之间的回归关系。为了保证有较多的样本数,对一些类似的森林类型作了归类。由表2可见,疏林、灌木林的生物量与生产力之间表现了良好的相关性。

2.3 我国森林总生物量和总生产力

根据1.4中的计算程序和前面所讨论的关系,计算了各省(区)各类森林的生物生产力。将各省(区)的结果进行归纳,得出各类林分的生产力,列于表3。又将各省的各种森林类型归类,得出各省的生物生产力,列于表4。表5、表6和表7分别列出我国经济林、竹林和疏林(灌木林)的面积和生物生产力。表8对上述各表进行了归纳。

从上述各表,得出如下结果:

1) 我国森林(不含疏林、灌木林)的总面积为 $118.45 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 约占国土面积的12.3%。在这么大的面积上,蓄积着 $9.10 \times 10^9 \text{ t}$ 的干物质。据报道,我国陆地植被(含农作物)的总生物量的估计值为 $13.09 \times 10^9 \text{ t}^{[16]}$ 。也就是说,森林植被占据着我国陆地生态系统总生物量的69.5%。这说明,如同全球情况相似,森林在我国陆地生态系统中也起着主导作用。

表3 我国各类森林的生物生产力

Table 3 Biological productivity of main forest types in China

森林类型 Forest type	总面积 Area (10^4 hm^2)	总蓄积量 Total volume (10^6 m^3)	平均生物量 Mean biomass (t/hm^2)	总生物量 Total biomass (10^6 t)	平均生产力 Mean net production ($\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)	总生产力 Total net production ($10^6 \text{ t}/\text{a}$)
红 松	62.81	91.307	93.595	58.787	12.637	7.937
落叶松	938.80	940.070	102.601	963.216	12.478	117.139
云 杉	384.69	904.627	156.660	602.656	11.280	43.393
冷 杉	266.17	800.797	187.159	498.161	11.280	30.024
樟子松	50.69	41.726	91.371	46.316	11.266	5.711
油 松	206.14	55.429	25.358	52.386	3.599	7.419
赤 松	0.90	0.264	48.367	0.435	10.244	0.092
柏 木	190.55	55.695	44.064	83.964	3.367	6.417
华山松	51.90	26.187	48.287	25.061	10.209	5.299
高山松	93.50	153.606	118.142	110.463	11.742	10.979
杉 木	768.31	268.515	36.516	280.556	8.412	64.633
马尾松	1300.85	407.193	16.277	211.740	8.563	111.389
云南松	375.87	253.806	35.113	131.980	9.735	36.591

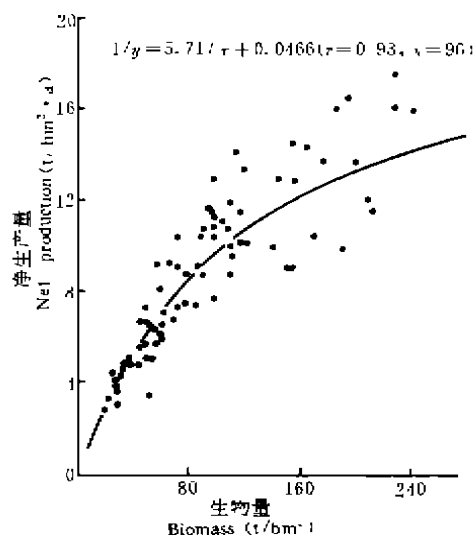


图3 油松林的净生长量与其生物量的关系

Fig. 3 Relationship between net production and biomass in *Pinus tabulaeformis* forests

(续表 3)

森林类型	总面积	总蓄积量	平均生物量	总生物量	平均生产力	总生产力
Forest type	Area (10^4 km^2)	Total volume (10^8 m^3)	Mean biomass (t/km^2)	Total biomass (10^6 t)	Mean net production ($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$)	Total net production ($10^6 \text{ t}/\text{a}$)
思茅松	67.66	67.684	84.939	57.470	11.198	7.577
柳杉	4.00	1.622	58.195	2.328	18.630	0.745
水杉	1.08	0.358	55.130	0.595	19.139	0.207
铁杉	22.85	61.007	152.344	34.811	13.365	3.054
油松	19.98	8.623	59.689	11.657	18.079	3.612
黑松	2.50	0.448	42.508	1.063	10.040	0.251
针叶混交	70.55	87.356	97.231	68.597	11.320	7.986
针阔混交	155.25	165.999	98.022	152.179	11.257	17.476
杨树	545.47	246.213	52.042	283.873	10.430	56.893
桦木	854.09	600.358	68.640	586.245	8.850	75.587
水胡黄	38.58	32.395	71.823	27.709	8.850	3.414
椴树	44.53	50.720	94.464	42.065	8.850	3.941
栎类	1551.56	1101.970	90.476	1403.790	8.850	137.313
樟树	6.09	4.486	84.351	5.173	14.540	0.886
楠木	7.57	7.793	114.686	8.682	5.832	0.442
樟木	0.96	0.336	111.875	1.074	10.427	0.100
桉树	28.71	4.095	18.187	5.222	5.619	1.613
木麻黄	10.08	3.882	45.168	4.553	24.510	2.471
桐类	5.34	2.395	42.236	2.255	17.313	0.925
硬阔类	453.78	288.269	125.222	568.232	10.430	47.329
软阔类	356.08	206.655	127.266	453.168	10.430	37.139
阔叶混交	1157.03	1038.010	147.053	1701.450	10.430	120.678
杂木林	71.11	56.642	68.559	48.752	26.757	18.600
热带林	38.16	54.951	145.433	55.497	24.510	9.353
合 计	10204.17	8091.490	3059.050	8592.120	443.867	1004.610

表 4 我国各省、区的森林生物生产力

Table 4 Biological production of forests in each province in China

地 区 Region	总面积 Area (10^4 km^2)	生 物 量 Biomass			净生长量 Net production		
		合 计	针叶林	阔叶林	合 计	针叶林	阔叶林
		Total (10^6 t)	Needle (10^6 t)	Deciduous (10^6 t)	Total (10^6 t)	Needle (10^6 t)	Deciduous (10^6 t)
北 京	13.11	8.644	0.629	8.015	1.070	0.096	0.975
天 津	3.62	2.948	0.000	2.948	0.420	0.000	0.420
河 北	123.53	67.354	8.993	58.361	10.883	1.841	9.042
山 西	88.77	46.632	16.203	30.429	7.267	2.182	5.084
辽 宁	276.96	210.083	31.347	178.736	22.859	5.336	17.523
吉 林	618.82	780.300	154.778	625.522	64.811	16.473	48.338
黑龙江	1555.21	1476.330	579.844	896.489	163.724	70.751	92.973
内蒙古	1294.33	920.218	479.825	440.392	133.390	58.513	74.877
陕 西	434.66	366.926	29.291	337.635	39.800	4.293	35.507
甘 肃	195.02	177.364	78.981	98.383	21.243	7.629	13.615
宁 夏	10.73	8.240	1.084	7.156	1.115	0.132	0.983
青 海	26.03	24.435	18.623	5.813	2.430	1.586	0.844
西 藏	311.41	438.073	355.721	82.353	30.489	24.556	5.933
新 疆	143.75	159.769	134.714	25.055	14.400	8.271	6.129
四 川	983.85	1033.520	671.240	362.281	94.142	65.293	28.849
贵 州	195.52	154.853	27.796	127.057	18.302	8.640	9.641

续表 4

地 区 Region	总面积 Area (10^4 hm^2)	生 物 量 Biomass			净生长量 Net production		
		合 计	针叶林	阔叶林	合 计	针叶林	阔叶林
		Total (10^6 t)	Needle (10^6 t)	Deciduous (10^6 t)	Total (10^6 t)	Needle (10^6 t)	Deciduous (10^6 t)
云 南	856.33	1027.880	318.304	709.575	86.288	47.503	38.785
山 东	73.00	31.111	5.605	25.505	4.141	0.734	3.408
上 海	0.22	0.134	0.056	0.078	0.021	0.014	0.007
江 苏	21.77	10.225	3.977	6.248	2.143	1.089	1.054
安 徽	176.45	111.494	21.853	89.641	16.363	8.884	7.480
浙 江	264.44	99.882	51.243	48.639	24.918	20.909	4.009
江 西	435.68	206.857	70.850	136.007	37.445	25.760	11.685
福 建	382.84	240.652	90.255	150.397	44.662	23.049	21.613
河 南	123.57	69.992	4.674	65.319	11.251	1.788	9.463
湖 北	321.81	171.754	38.237	133.517	29.467	15.126	14.341
湖 南	381.08	182.574	76.604	105.970	33.570	24.955	8.615
广 东	402.47	212.552	67.420	145.132	36.895	23.433	13.461
广 西	426.24	291.533	55.429	236.104	40.140	18.931	21.209
海 南	54.48	59.787	0.844	58.943	10.964	0.146	10.819
合 计	10218.70	8592.110	3394.420	5197.700	1004.610	487.930	516.683

表 5 我国各省区经济林的生物生产力

Table 5 Biological production of economic forests in each province in China

地 区 Region	面 积 Area (10^4 hm^2)	生物量 Biomass (10^5 t)	净生产量 Net production (10^6 t/a)
北 京	8.42	1.996	0.775
天 津	2.61	0.619	0.240
河 北	77.55	18.379	7.135
山 西	10.51	2.491	0.967
内 蒙 古	89.31	21.167	8.217
辽 宁	116.93	27.712	10.758
吉 林	4.31	1.021	0.397
黑 龙 江	6.31	1.495	0.581
上 海	0.41	0.097	0.038
江 苏	14.54	3.446	1.338
浙 江	70.66	16.746	6.501
安 徽	31.96	7.575	2.940
福 建	56.58	13.410	5.205
江 西	110.16	26.108	10.135
山 东	86.60	20.524	7.967
河 南	32.84	7.783	3.021
湖 北	51.18	12.130	4.709
湖 南	242.09	57.375	22.272
广 东	52.28	12.390	4.810
广 西	80.16	18.998	7.375
海 南	31.44	7.451	2.892
四 川	69.15	16.389	6.362
贵 州	21.58	5.114	1.985
云 南	59.02	13.988	5.430
陕 西	32.31	7.657	2.973
甘 肃	7.85	1.860	0.722
青 海	0.60	0.142	0.055
宁 夏	1.10	0.261	0.101
新 疆	5.92	1.403	0.545
合 计	1374.38	325.728	126.443

表 6 我国各地毛竹的生物量

Table 6 Biomass of bamboo in China

地 区 Region	面积 Area (10^6 hm^2)	株数 Number (10^6 株)	总生物量* Total biomass (10^6 t)
四 川	0.0192	77.54	1.74
贵 州	0.0464	4057.85	91.30
云 南	0.0144	128.58	2.89
上 海	0.0000	0.40	0.01
江 苏	0.0140	42.79	0.96
安 徽	0.1517	316.68	7.13
浙 江	0.4427	671.28	15.10
江 西	0.5291	957.36	21.54
福 建	0.5730	797.49	17.94
河 南	0.0008	3.12	0.12
湖 北	0.0612	94.17	2.12
湖 南	0.5060	624.39	14.05
广 东	0.0863	183.68	4.13
广 西	0.0816	265.61**	5.98
合 计	2.5264	8222.94	185.02

* 按聂道平^[1]的单株平均生物量 22.5 kg/株计算。According to mean biomass (22.5 kg/tree)^[1]

需要指出的是,在林分生物量中,计算的是材积源生物量(Volume-derived biomass)。如果用表 1 的平均生物量计算,我国林分的总生物量为 $14.52 \times 10^9 \text{ t}$,比材积源生物量高出 $5.93 \times 10^9 \text{ t}$,即高出 69%。造成这种差异的可能原因

表 7 我国各地疏林、灌木林生物生产力

Table 7 Biological productivity of woodlands and scrubs in China

地 区 Region	总面积 Area (10^4 hm^2)	总生物量 Total biomass (10^4 t)	总生产力 Total productivity (10^4 t/a)
北 京	2.17	28.514	19.050
天 津	0.12	1.557	1.053
河 北	69.47	912.836	609.859
山 西	30.75	404.055	269.946
辽 宁	57.49	755.419	504.690
吉 林	93.31	1226.090	819.142
黑龙江	228.88	3007.480	2009.270
内蒙古	343.02	4507.280	3011.280
陕 西	184.19	2420.260	1616.960
甘 肃	163.13	2267.510	1481.410
宁 夏	2.08	28.912	18.889
青 海	170.73	2373.150	1550.430
西 藏	401.29	7945.540	4395.110
新 疆	54.80	761.720	497.648
四 川	744.84	14747.800	8157.830
贵 州	228.85	4531.230	2506.470
云 南	653.68	12942.900	7159.420
山 东	11.89	156.235	104.379
上 海	0.04	0.792	0.438
江 苏	2.37	46.926	25.957
安 徽	26.82	531.036	293.745
浙 江	83.71	1657.460	916.831
江 西	143.86	2848.430	1575.620
福 建	54.55	1080.090	597.457
河 南	42.94	850.212	470.299
湖 北	143.47	2840.710	1571.350
湖 南	173.81	3441.440	1903.650
广 东	127.51	2524.700	1396.550
广 西	212.83	4214.030	2331.010
合 计	4452.60	79054.300	45815.700

表 8 我国各类森林的总面积和总生物生产力

Table 8 Total production of forests in China

类 型 Type	总面积 Area (10^6 hm^2)	总生物量 Total biomass (10^6 t)	总生产力 Total productivity (10^6 t/a)
林 分	102.18	8592.13	1004.61
经济林	13.74	325.72	126.44
竹 林	2.53	185.02	46.26 ¹⁾
疏林、灌木林	44.53	790.54	458.16
合 计	162.98	9893.41	1635.47

1) 按 4 a 的平均轮伐期计算。

According to mean cutting-time (4a).

如前文所指出的,基于文献调研资料计算的结果(表 1)可能比实际值偏大。森林资源清查资料来自全国 25 万多个固定样地,并且目的在于清查森林,故样地的布局应该说是比较合理的。因此,材积源生物量或许更合乎我国实际。建议在评价我国林分生物生产力时,宜采用材积源生物量,即 $8.592 \times 10^9 \text{ t}$ 这一数字。Brown & Lugo^[1]的研究结果,也发现了同样的情况。他们计算的热带林材积源生物量比用平均生物量计算的结果低 2.3~3.5 倍^[1]。这些结果表明了 IBP 期间估算的全球森林生态系统的生物量可能偏大,重新进行评估可能成为今后的一个重要工作。

2) 我国森林生物量大多集中在东北、西南等地(表 4)。东北 3 省占据了全国生物量的 28.7%($2446 \times 10^6 \text{ t}$),西南 5 省(四川、云南、贵州、西藏、广西)的总生物量为 $2946 \times 10^6 \text{ t}$,约占全国总量的 34.3%。内蒙古也

蕴藏着巨大的生物量资源,它为 $920 \times 10^6 \text{ t}$,仅次于四川和云南。森林生物量最少的省区(除 3 个直辖市外)为宁夏,仅有 $8.24 \times 10^6 \text{ t}$,其次是江苏($10.23 \times 10^6 \text{ t}$)、青海($24.44 \times 10^6 \text{ t}$)和山东($31.11 \times 10^6 \text{ t}$)等。生物生产力表现出相似的分布格局。它的总量是 $1005 \times 10^6 \text{ t/a}$ 。最大的是黑龙江($163.7 \times 10^6 \text{ t/a}$),其次是内蒙古($133.4 \times 10^6 \text{ t/a}$)。

3) 就森林类型而言(表 3),阔叶混交林和栎类的总生物量最多,分别为 $17.01 \times 10^6 \text{ t}$ 和 $14.04 \times 10^6 \text{ t}$,占全国总量的 20.0%和 16.3%;云冷杉林落叶松林次之,总生物量分别为 $11.01 \times 10^6 \text{ t}$ (约占全国总量的 12.8%)和 $9.63 \times 10^6 \text{ t}$ (11.2%)。

3 结论

本文系统地研究了中国的森林生物生产力。结果表明,约占我国国土面积的 12.3%的

森林蕴藏着中国陆地植被生态系统总生物量的 69.5%，即 9.1×10^9 t 干物质。这说明，森林在我国陆地植被的碳库中起着主导作用。然而，与全球或我国相邻区域的森林植被相比，我国森林植被的这种主导作用相对较弱。从区域的植被碳库看，如日本，森林植被的生物量占日本全部植物生物量的 93.5%^[12]；从全球水平看，世界森林生物量占全部陆地植被生物量的 94.0%^[17]。从中国森林生物量占全球森林生物总量的比例看，中国森林仅占全球森林的 0.56%（以 Whittaker & Likens 的估计值 1698×10^9 t^[17] 为准）。尽管现在看来 Whittaker 等人^[17] 的估算结果可能偏高，但即使全球生物量的总量再减少一半，中国也仅占 1% 左右。由此看来，中国植被，尤其是森林植被在全球植被中所占的分量相对较小，这与中国土壤在全球土壤碳库中所起的重要作用有很大差别。作者已经报道，中国土壤占全球土壤碳库总量的 12.5%，总量高达 185.7×10^9 tC^[12]。正由于土壤碳库的重要贡献，作为保护土壤的植被，尤其是森林植被具有不可替代的作用。

参 考 文 献

- 1 Browns & Lugo A E. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. *Science*, 1984. 223: 1290~1293
- 2 Lieth H & Whittaker R H. *Primary productivity of the biosphere*. New York: Springer-Verlag, 1975
- 3 程鸿主编. 中国自然资源手册. 北京: 科学出版社, 1990
- 4 金小华等. 安徽黟县次生灌丛和灌草丛生产力的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14(3): 267~273
- 5 吉良龙夫. 陆上生态系——概论. 东京: 共立出版, 1975
- 6 Rodin L E 等(何妙光译). 世界主要生态系统的生产力. 植物生态学译丛, 第 4 集. 北京: 科学出版社, 1982. 33~48
- 7 Whittaker R H & Likens G E. Carbon in the Biota. In: *Carbon and the biosphere* (eds. Woodwell GM), Virginia: Springfield, 1973. 281~302
- 8 聂道平. 毛竹林结构的动态特征. 林业科学, 1994. 30(3): 201~208
- 9 彭少麟, 张祝平. 鼎湖山地带性植被生物量、生产力和光能利用效率. 中国科学, 24(5): 497~502
- 10 Fang J Y *et al.* Storage and distribution of carbon in Chinese terrestrial ecosystems and their contribution to global carbon pools. *Abstracts of the XXIBC*, Tokyo, 1993
- 11 岩城英夫. 日本における植物現存量と純生産量の地域分布. 现代生态学の断面. 东京: 共立出版社, 1983. 41~48
- 12 Fang J Y *et al.* Storage, distribution and transfer of the carbon of biotic sources in China. *Abstracts of the First IGAC Scientific Conference*, Eilat, Israel, 1993
- 13 Connell MGR. World forest biomass and primary production data. New York: Academic Press, 1982