鼎湖山马尾松群落能量分配及其生产的动态*

方运霆[1,3], 莫江明[1*], 李德军[1], 曹裕松[2]

(1. 中国科学院华南植物园鼎湖山森林生态系统定位研究站, 广东肇庆 526070; 2. 中国科学院华南植物园, 广东广州 510650; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 对鼎湖山马尾松群落各组分热值、能量现存量、能量净生产量及群落太阳能转化效率进行了研究。结果表明: (1) 乔木层马尾松各器官热值相差不大, 为 19.02～20.30 kJ/g (总平均 19.34 kJ/g); 灌木层植物热值低于乔木层, 为 16.55～18.78 kJ/g (总平均 17.82 kJ/g); 草本层植物热值低于灌木层, 为 13.07～16.16 kJ/g (总平均 15.03 kJ/g)。(2) 群落能量总现存量随时间而增加, 且组分分配比例因年份不同而异。在 1990、1995 和 2000 年分别为 167 141.4、270 295.9 和 321 294.3 kJ/m^2, 其中乔木层占 93.4%、79.8%和 86.7%, 林下层占 3.5%、10.6%和 7.2%, 而地表现存凋落物层仅占 3.2%、9.5%和 6.1%。(3) 群落在 1990～1995 年和 1995～2000 年期间能量净生产每年分别为 1 7083.2 kJ/m^2 和 21 571.8 kJ/m^2, 其中乔木层占 96.6%和 95.5%, 林下层仅占 3.4%和 5.0%。所有能量生产量中, 群落自身增长能量 (即年能量存留量) 占 72.7%和 57.6%, 而释放到其它子系统的能量占 27.3%和 42.4%。(4) 群落太阳能转化效率在 1990～1995 年和 1995～2001 年分别为 0.759%和 0.958%, 10 年平均为 0.873%。

关键词: 热值; 能量现存量; 能量生产量; 马尾松; 鼎湖山

中图分类号: Q948 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-3142(2005)01-0026-07

Dynamics of energy distribution and its production of a *Pinus massoniana* community in Dinghushan Biosphere Reserve

FANG Yun-ting[1], MO Jiang-ming[1*], LI De-jun[1], CAO Yu-song[2]

(1. *Dinghushan Forest Ecosystem Research Station, South China Garden of Botany, the Chinese Academy of Sciences*, Zhaoqing 526070, China; 2. *South China Garden of Botany, the Chinese Academy of Sciences*, Guangzhou 510650, China; 3. *The Graduate School of Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100039, China)

Abstract: Dynamics of energy distribution and its production of a *Pinus massoniana* community in Dinghushan Biosphere Reserve were studied over a ten year period from 1990 to 2000. Gross caloric value was estimated to be 19.34 kJ/g for tree (range 19.02～20.30 kJ/g), 17.82 kJ/g for shrub (16.55～18.78 kJ/g), and 15.03 for herb (range 13.07～16.16 kJ/g). The standing crop of energy was 167 141.4 kJ/m^2 (1990), 270 295.9 kJ/m^2 (1995) and 321 294.3 kJ/m^2 (2000), with tree accounting for 93.4%, 79.8% and 86.7%, respectively. Net energy production was 17 083.2 kJ/m^2.a for the period from 1990～1995 and 21 571.8 kJ/m^2.a for the period from 1995～2000, of which 96.6% and 95.5% was contributed by tree, the rest by understory plant. Of total net energy production, 72.7% (during 1990～1995) and 57.6% (during 1995～2000) was accumulated as bio-

* **收稿日期**: 2004-03-09 **修订日期**: 2004-05-18

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30270283); 中国科学院知识创新工程领域前沿项目; 中国科学院华南植物研究所所长基金项目; 广东省自然科学基金项目 (021524) 资助。

作者简介: 方运霆 (1976-), 男, 江西瑞昌人, 博士生, 助理研究员, 主要从事森林生态系统 C、N 循环及其与全球变化的关系研究工作。*通讯作者, 博士生导师 E-mail: mojm@scbg.ac.cn

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

mass energy, and 27.3 % (during 1990～1995) and 42.4 % (during 1995～2000) was returned to soil by litterfall. Relative to the photosynthetic active radiation on the stand, the energy conversing efficiency of *P. massoniana* community was 0.759 % for the period of 1990～1995, 0.958 % for the period of 1995～2000, with a total mean of 0.873 % for the period of 1990～2000. The current management for pine forest in Dinghushan Biosphere Reserve was also discussed based on the results of this study.

Key words: gross caloric value; standing crop of energy; energy production; *Pinus massoniana*; Dinghushan

几个世纪以来,我国南方地区,森林砍伐和薪柴收割等人类活动干扰使以前发育着森林的山坡变为荒地,水土流失,生产力低下。过去几十年,政府和林业部门为恢复退化土地,已大力实施了造林、再造林和森林抚育等措施。马尾松(*Pinus massoniana*)因耐干旱瘠薄,喜酸性、微酸性土壤(在 pH4.5～6.5 条件下生长最佳),是恢复退化土地的首选树种,而逐渐成为我国热带亚热带地区分布最广、资源最多的针叶树种,在森林生态系统组成中占有极其重要的地位(Mo 等,1995;Brown 等,1995;陈灵芝等,1997)。

正因为马尾松林在我国森林中的重要地位,不少学者已对马尾松林生物量、生产力及其养分循环进行了大量研究(Mo 等,1995;Brown 等,1995;吕勇等,1996;陈灵芝等,1997;丁贵杰和王鹏程,2001;项文化等,2002)。在群落生物量和生产力研究的基础上,对群落能量现存量、能量固定量等进行研究,从能量的角度认识群落特性,更能充分反映该群落的功能特征(林益明等,1996;林鹏等,1999),然而,目前有关马尾松林能量分配格局及其生产报道偶有涉及(谢锦升等,2001)。虽然任海等(1999)测定过鼎湖山 3 个森林(包括马尾松林)中一些主要植物的热值,但要了解马尾松林群落能量分配及其能量生产还需要深入研究。另一方面,马尾松林多分布在低山丘陵和村民集居地周围,人为活动频繁。为了保护退化土地树木,当地政府明确规定禁止砍伐马尾松,但考虑到农村薪材的需求,还是允许当地村民收割林下层植物和凋落物作为能源补充。一般认为收割林下层植物和凋落物活动可能是导致马尾松林生产力不高、林地出现退化现象和阻碍森林恢复最主要的原因之一。Mo 等(1995)和 Brown 等(1995)曾研究了人为收割林下层植物和凋落物对马尾松林生态系统物质生产和养分循环的影响,并提出通过收获马尾松木材方式替代收割林下层植物和凋落物方式来满足当地居民的薪材需求更有利于退化马尾松林生态系统恢复的观点。本文在长期定位研究的基础上,根据鼎湖山马尾松林群落在 1990～2000 年能量分配格局及其生产,从能量的角度继续探讨收获木材替代收割林下层植物和凋落物的科学性,为我国南方大面积的马尾松林经营和管理提供科学依据。

1　样地概况

本研究在鼎湖山生物圈保护区进行。保护区位于广东省中部,112°33′E,23°10′N。保护区气候具有明显的季风性,年平均降雨量为 1 927 mm,其中 75 % 分布在 3～8 月间,而 12 月～次年 2 月仅占 6 %。年平均相对湿度为 80 %。年平均温度为 21.4 ℃,最冷月(1 月)和最热月(7 月)的平均温度分别为 12.6 ℃和 28.0 ℃(黄展帆等,1982)。

马尾松林研究样地位于保护区东南角缓冲带,森林于 1930～1950 年间营造,在 1990 年后作为鼎湖山保护区定位研究永久样地之一,但在过去(1990 年前),受到当地农民砍小树、收割林下层植物和凋落物作为薪柴的影响。马尾松林群落结构简单,层次分明。乔木层林冠稀疏,仅由马尾松组成,但灌木层植物稠密,以桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、岗松(*Baechea frutescens*)等为优势种,草本层植物数量少,有芒萁(*Dicranoperis dichotome*)、山管兰(*Dianella ensifolia*)和双唇蕨(*Schizoloma ensifolium*)等。母岩为沙岩,土壤为砖红壤性红壤,pH 值在 4.5～5.0 之间。土层深度一般较浅(Mo 等,1995;Brown 等,1995;方运霆等,2002)。

2　材料和方法

2.1 群落各组分热值

2000 年 5 月在林内分层分种采集植物各器官。其中,乔木层(分两个高度,乔木层 I10～15 m 和乔木层 II5～10 m)马尾松,分根、干、枝、皮和叶;灌木层 10 个主要种,分根、枝干和叶;草本层 5 个主要种,分地上和地下部分。所有样品共计 50 个。收集

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

的样品分类称重,经 105 ℃杀青 10 min,然后 80 ℃烘干至恒重,经粉碎机磨成粉末(方运霆等,2002)。热值用美国 Parr 公司生产的 Parr 1261 型氧弹热量计进行测定,其测定原理和过程与国内应用较多的 GR-3500 型氧弹式热量计相近,但自动化程度高、重复性好。样品热值以含灰分的干重热值表示,每个样品测定 2 次,两次结果相差不超过 150 J/g,取平均值作为最后结果。本研究结果以 105 ℃恒重为基准。此外,群落凋落物和地表凋落物热值(分别为 18.02 kJ/g,17.96 kJ/g)引自任海等(1999)文章。

2.2 有机质动态

1990 年在研究样地设置 20 个 10 m ×10 m 的样方,调查样方内马尾松胸径和树高。马尾松种群年龄结构根据回归模型来确定(Brown 等,1995)。马尾松的叶、干、枝和皮生物量根据回归公式计算,根生物量按占总量的 17.01 %计算(彭少麟等,1989)。1995 年和 2000 年按上述方法各重复调查 1 次,结果见表 1。1990 年、1995 年和 2000 年在每样方里各设置 1 个 1 m ×1 m 小样方,全收获林下植物和地表现存凋落物,以测定灌木层、草本层和地表凋落物量。其中林下层植物地下部分按占地上部分的 0.57 计算(方运霆等,2002)。1990～2000 年间,乔木层的凋落物收集方式略有不同。1990～1993 年为每个样方 3 个 0.5 m ×0.5 m 凋落物收集网(莫江明等,2001),1994 年后在样地内分别按一定的距离间隔随机放置 10 个 1 m ×1 m 的收集网(张德强等,2000)。但两段时间,均于每月底收集凋落物。而至于林下层植物凋落物量,则于 1993 年 11 月把 10 个凋落物收集器(1 m ×1 m)随机安置在 10 个样方里,每月收集一次。1990～1993 年林下层凋落物极少,没有收集(莫江明等,2002)。

表 1 鼎湖山马尾松群落乔木层结构的一些参数

Table 1 Indices of the structure of tree of *P. massoniana* community in DHS

年份 Years	年龄 Age(a)			胸径 Diameter at breast(cm)			树高 Height(m)			乔木密度 Density (Stem/hm^2)
	范围 Range	平均值 Mean	标准误 SE	范围 Range	平均值 Mean	标准误 SE	范围 Range	平均值 Mean	标准误 SE	平均值 Mean
1990	12～66	30	1.33	5.2～30.5	13.8	0.63	3.2～11.2	6.8	0.2	440
1995	17～75	35	1.32	7.2～34.7	16.2	0.63	4.0～11.0	7.26	0.15	430
2000	15～74	39	1.44	6.4～34.6	17.9	0.66	5.0～17.5	8.6	0.25	430

2.3 群落能量现存量

能量现存量是指一定时间内群落所积累的总能量,即生态系统中现存的活植物体及残留其上的死植物体所积累的总能量(林鹏等,1999)。本文能量现存量包括活植物体和地表现存凋落物两部分,根据各组分的干重热值和其对应的生物量或现存量来计算。

2.4 群落能量净生产

群落能量净生产量(net energy production)是指在 1 年内单位面积上群落通过光合作用所固定的能量扣除群落该时期因呼吸及被动物啃食等消耗的能量之后所剩余的能量。其计算方法是以群落各组分的干物质年净生产量和相应组分的干重热值相乘之和而得(林益明等,1996)。本研究的群落能量年生产量包括群落乔木层、林下层植物年存留和凋落物年归还量。

2.5 群落太阳能转化效率

群落的太阳能转化效率(energy conversing efficiency,ECE)是指群落每年净固定能量(NEP)占当年林地太阳辐射能(solar radiation energy,SRE)的百分比,即 ECE % = NEP/SRE ×100。由于并非所有的太阳辐射能都可以被植物光合作用所利用,现在一般用太阳光合有效辐射能(photosynthetic active radiation,PhAR)代表群落接受到的总能量来计算群落的太阳能转化效率,即 ECE % = NEP/PhAR ×100。光合有效辐射能和太阳总辐射能的换算系数采用 0.47,即 PhAR = SRE ×0.47(林益明等,1996;林鹏等,1999)。鼎湖山保护区地表太阳辐射量每年为 4 791 480 kJ/m^2(闫俊华等,2002),按以上公式和本研究马尾松林群落能量年净固定量计算群落太阳能转化效率。

3 结果与分析

3.1 热值

在马尾松群落中,马尾松各器官热值相差不大,在 19.02～20.30 kJ/g 间,各器官热值(kJ/g)平均

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

分别为:19.22(干)、18.55(根)、19.72(皮)、19.59(叶)和 19.62(枝),总平均为 19.34 kJ/g。各器官同一高度层,不同器官的热值略有不同,表现为:皮>干>叶>枝>根(乔木层 II)或枝>根>皮>叶>干(乔木层 I)。不同高度层比较,除干外,乔木层 I 各器官均高于乔木层 II(表 2)。

灌木层各植物热值平均值为 16.55～18.78 kJ/g,总平均为 17.82 kJ/g,其中以九节最高(18.78 kJ/g),五指毛桃最低(16.55 kJ/g),但均低于乔木层马尾松(是乔木层的 85.6%～97.1%)。同一物种,不同器官比较,基本上表现为叶(17.59 kJ/g)>枝干(17.41 kJ/g)>根(16.76 kJ/g)。同一器官,不同物种也略有差异(根、叶和枝干的变异系数分别为 6.8%、8.1%和 3.5%),其中根以九节最高和野牡丹最低;枝干以三叉苦最高和以变叶榕最低;叶以桃金娘最高和五指毛桃最低(表 3)。

表 2　鼎湖山马尾松各器官热值 (单位:kJ/g)

Table 2　Gross caloric value of various organs from species of *P. massoniana* in Dinghushan

项目 Items	干 Stem	根 Root	皮 Bark	叶 Leaf	枝 Branch	平均 Mean
乔木层 I(10～15 m)	19.02	20.01	19.88	19.76	20.30	19.79
乔木层 II(5～10 m)	19.42	17.10	19.56	19.42	18.93	18.89
平均 Mean	19.22	18.55	19.72	19.59	19.62	19.34

表 3　灌木层植物器官热值 (单位:kJ/g)

Table 3　Gross caloric value of different plant organs in shrub layer

种名 Species	根 Roots	叶 Leaves	枝干 Branch + Stemwoods	平均 Mean
变叶榕 *Ficus variolosa*	16.84	18.88	16.18	17.30
岗松 *Baecra frutescens*	16.50	—	17.56	17.03
鬼灯笼 *Cleridendron fortunatum*	17.48	19.53	17.48	18.16
九节 *Psychotria rubra*	19.84	18.88	17.62	18.78
三叉苦 *Erldia rubra*	17.83	18.99	17.96	18.26
山苍子 *Litsea cubeba*	17.62	19.77	18.42	18.60
桃金娘 *Rhodomyrtus tomentosa*	17.54	20.01	17.30	18.28
五指毛桃 *Ficus hirta*	16.07	15.85	17.72	16.55
野牡丹 *Melastoma candidum*	15.86	16.94	17.40	16.73
玉叶金花 *Mussaenda pubesces*	18.53	18.77	18.23	18.51
平均值 Mean	17.41 (0.38)	16.76 (0.45)	17.59 (0.19)	17.82 (0.26)

注:括号内为标准误　SE in parentheses

草本层植物热值在 13.07～16.16 kJ/g 间,平均为 15.03 kJ/g。其中地上部分为 14.91～18.19 kJ/g(平均 17.21 kJ/g),略低于灌木层的叶片,地下部分热值也较低,仅为 10.77～14.35 kJ/g(平均 12.84 kJ/g),是地上部分的 61.0%～81.9%(平均 74.6%)。不同种间热值差异也很小(地上与地下变异系数分别为 6.5%和 11.7%),其中地上部分以山管兰最高和双唇蕨最低,地下部分以芒萁最高和其它草本植物最低(表 4)。

总的来看,马尾松群落各组分热值有较强规律性。不同层间,其热值平均值变化规律表现为:乔木层 I(10～15 m)>乔木层 II(5～10 m)>灌木层>草本层。不同器官间,在乔木层为皮枝叶高于根干(表 2),在灌木层一般表现为叶>枝干>根(表 3);在草本层为地上部分>地下部分(表 4)。

表 4　草本层主要植物热值 (单位:kJ/g)

Table 4　Gross caloric value of different plant in herb layer

种名 Species	地上部分 Above-ground	地下部分 Under-ground	平均 Mean
乌毛蕨 *Blechnum orientale*	17.36	13.03	15.20
双唇蕨 *Schizoloma ensifolium*	14.91	11.23	13.07
铁线蕨 *Adiantum capillus*	17.62	13.54	15.58
芒萁 *Dicranoperis dichotome*	17.53	14.35	15.94
山管兰 *Dianella ensifolia*	18.19	14.13	16.16
其它草本植物 Other plants	17.65	10.77	14.21
平均值 Mean	17.21 (0.47)	12.84 (0.62)	15.03 (0.48)

注: 括号内为标准误　SE in parentheses

3.2 能量现存量

马尾松群落乔木层在 1990、1995 和 2000 年的能量现存量分别为 156 029.9、215 813.1、278 548.7 kJ/m^2。其各年份间,乔木层能量现存量在其各器官的分配格局十分相似,其中树干占较大的比例,达 45.3%～52.6%,如果把树干和枝条加在一起,则占 59.8%～68.0%。叶的比例最小,仅占 2.0%～2.3%。林下植物层和地表现存凋落物层能量现存量相差不大(林下植物层 1990、1995 和 2000 年分别为 5 774.4、28 742.6、23158.3 kJ/m^2,地表现存凋

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

落物层 1990 年、1995 年和 2000 年分别为 5 337.1、25 740.2、19 587.3 kJ/m^2) (表 5)。

虽然马尾松群落能量总现存量随时间不断增加,但乔木层所占的比例有所下降。在 1990、1995 和 2000 年分别为 167 141.4、270 295.9、321 294.3 kJ/m^2,其中乔木层占 93.4%、79.8%和 86.7%,林下层占 3.5%、10.6%和 7.2%,而地表现存凋落物层占 3.2%、9.5%和 6.1%(表 5)。可见,年份不同,能量现存量在各组分的分配格局略不同,如林下层和地表现存凋落物层在 1995 年占的比例高于其

表 5 鼎湖山马尾松群落能量现存量

Table 5 Standing crop of energy of a *P. massoniana* community in Dinghushan

组分 Components	热值(kJ/g) Gross caloric value	生物量 Biomass(t/hm^2)			能量现存量 Standing crop of energy (kJ/m2)		
		1990	1995	2000	1990	1995	2000
乔木层 Trees							
叶 Leaves	19.59	2.0(2.3)	2.7(1.9)	3.5(2.1)	3 878.8(2.3)	5 348.1(2.0)	6 856.5(2.1)
干 Woods	19.22	45.7(52.1)	63.7(44.2)	82.7(48.7)	8 784.6(52.6)	122 469.8(45.3)	158 930.2(49.5)
枝 Branches	19.62	13.1(15.0)	18.6(13.0)	24.9(14.7)	25 741.4(15.4)	36 787.5(13.6)	48 951.9(15.2)
皮 Barks	19.72	6.5(7.5)	8.0(5.6)	9.2(5.4)	12 956.0(7.8)	15 795.7(5.8)	18 103.0(5.6)
根 Roots	18.55	13.8(15.7)	19.1(13.2)	24.6(14.5)	25 599.0(15.3)	35 412.0(13.1)	45 707.2(14.2)
小计 Subtotal	81.2(92.6)	112.3(77.9)	144.9(85.3)	156 029.9(93.4)	215 813.1(79.8)	278 548.7(86.7)	
林下植物层 Understory plant							
地上部分 Aboveground	17.17	2.2(2.5)	11.1(7.7)	8.9(5.3)	3 828.9(2.3)	19 058.7(7.1)	15 356.3(4.8)
地下部分 Underground	15.12	1.3(1.5)	6.4(4.4)	5.2(3.0)	1 945.5(1.2)	9 683.9(3.6)	7 801.9(2.4)
小计 Subtotal	3.5(4.0)	17.5(12.1)	14.1(8.3)	5 774.4(3.5)	28 742.6(10.6)	23 158.3(7.2)	
地表凋落物 Standing floor litters	17.97	3.0(3.4)	14.3(9.9)	10.9(6.4)	5 337.1(3.2)	25 740.2(9.5)	19 587.3(6.1)
总计 Total	87.7	144.1	170.0	167 141.4	270 295.9	321 294.3	

注:括号里为生态系统各组分占总量的百分比(%) Percentage of subtotal to total in parentheses

它年份。

3.3 能量净生产

从表 6 可以看出,马尾松群落 1990～1995 年期间能量净生产量每年为 17 083.2 kJ/m^2,其中乔木层为 16 498 kJ/m^2,占总量的 75.3%,林下层为 585.5 kJ/m^2,占总量的 24.7%。所有能量生产量中,群落自身增长的能量(即能量年存留量)占能量总净生产量的 72.7%,而释放到其它子系统的能量占 27.3%(主要以凋落物的形式向土壤子系统输送,以维持生态系统的正常运行)。

马尾松群落 1995～2000 年期间能量净生产量每年为 21 571.8 kJ/m^2。与 1990～1995 年相比,乔木层和林下层分别增加了 24.2%和 84.1%,整个群落增加了 26.3%。所有能量生产量中,用于群落自身增长的能量与 1990～1995 相比几乎没有变化(由于林下层出现负增长),占总量的 57.6%,而释放到其它子系统的能量则占 42.4%。可见,不同的时间段,用于存留和归还的比例不同。

总的来看,马尾松群落 1990～2000 年期间能量净生产每年为 19 651.9 kJ/m^2,其中群落自身增长的能量占 63.2%,而释放到其它子系统的能量占 36.8%。

另外,整个群落能量净生产中,乔木层的贡献最大,1990～1995 年、1995～2000 年和 1990～2000 年期间分别占 96.6%、95.0%和 95.8%,而林下层植物仅占 3.4%、5.0%和 4.2%。此外,从各组分占总量的百分比来看,马尾松群落的能量生产主要取决于其生物量生产,如 1990～2000 年乔木层的生物量生产占总量的 64.9%,能量生产量占总量的 63.2%。

3.3 太阳能转化效率

通过计算,鼎湖山马尾松群落太阳能转化效率在 1990～1995 年和 1995～2001 年分别为 0.759%和 0.958%,10 年(1990～2000 年)平均为 0.873%。

4 讨论

吴厚水等(1998)曾综合分析过鼎湖山自然保护区内季风常绿阔叶林、针阔混交林和马尾松林三种群落的能量流模式,其结果表明三种群落对光合有

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

效辐射的光能利用率相应为 2.33 %、1.85 %和 0.79 %。本研究马尾松林群落 1990～2000 年太阳能转化效率为 0.873 %,低于季风常绿阔叶林和混交林是可以理解的,但略高于吴厚水等对马尾松林的研究结果,可能是由于研究方法存在差异和研究时间段不同而引起。与其它地区比较,发现本研究马尾松群落的太阳能转化效率大大低于热带人工林(2.35～5.07 %)(邓瑞文等,1985),低于广东黑石顶天然林(1.19 %),但高于广东鹤山和小良人工林群落(0.32～0.64 %),与福建黄山松(*Pinus taiwanensis*)群落(0.997 %)相近(林鹏等,1999)。可见,鼎湖山马尾松林群落太阳能转化效率还是较低,这可

表 6　鼎湖山马尾松群落能量生产

Table 6　Energy production of a *P. massoniana* community in Dinghushan

组分 Components	生物量年生产 Annual biomass pruduction(g/m^2.a)			能量生产量 Energy production(kJ/m^2.a)		
	1990～1995	1995～2000	1990～2000	1990～1995	1995～2000	1990～2000
存留 Retention						
乔木层 Trees						
叶 Leaves	15.0(1.3)	15.4(1.4)	15.2(1.3)	293.9(1.7)	301.7(1.4)	297.8(1.5)
干 Woods	360.2(31.0)	379.4(34.7)	369.8(32.3)	6 923.0(40.5)	7 292.1(33.8)	7 107.6(36.2)
枝 Branches	112.6(9.7)	124.0(11.4)	118.3(10.3)	2 209.2(12.9)	2 432.9(11.3)	2 321.0(11.8)
皮 Barks	28.8(2.5)	23.4(2.1)	26.1(2.3)	567.9(3.3)	461.4(2.1)	514.7(2.6)
根 Roots	105.8(9.1)	111.0(10.2)	108.4(9.5)	1 962.6(11.5)	2 059.1(9.5)	2 010.8(10.2)
乔木小计 Subtotal of tree	622.4(53.6)	653.2(59.8)	637.8(55.7)	11 956.6(70.0)	12 547.1(58.2)	12 251.9(62.3)
林下层 Understory	279.8(24.1)	-68.0(-6.2)	105.9(9.2)	459.4(2.7)	-111.5(-0.5)	174.0(0.9)
存留合计 Subtotal of retention	902.2(77.7)	585.2(53.6)	743.7(64.9)	12 416.0(72.7)	12 435.7(57.6)	12 425.8(63.2)
凋落物归还 Return by litter						
乔木层 Trees	252.0(21.7)	441.0(40.4)	365.0(31.9)	4 541.0(26.6)	7 946.8(36.8)	6 577.3(33.5)
林下层 Understory	7.0(0.6)	66.0(6.0)	36.0(3.1)	126.1(0.7)	1 189.3(5.5)	648.7(3.3)
归还合计 Subtotal of return	259.0(22.3)	507.0(46.4)	401.0(35.0)	4 667.2(27.3)	9 136.1(42.4)	7 226.0(36.8)
总计 Total	1 161.2	1 092.2	1 144.7	17 083.2	21 571.8	19 651.9

注:括号里为生态系统各组分占总量的百分比(%)　Percentage of subtotal to total in parentheses

能与马尾松林在二十世纪 60～90 年代受到人为干扰(林下层植物和凋落物收获等)和自身林龄较高(约 66 龄)有关。

虽然马尾松林在我国森林组成中占有极其重要的地位,但是多分布在低山丘陵和村民集居地周围,人为活动频繁。为了保护退化土地树木覆盖,当地政府明确规定禁止砍伐马尾松,但考虑到农村薪材的需求,允许当地村民收割林下层植物和凋落物。这种收割林下层植物和凋落物活动在我国南方非常普遍,尽管政府部门力图减少或控制这种人为收割活动的强度,但是在一些区域这种活动每年都会发生几次(Mo 等,1995;Brown 等,1995)。一般认为收割林下层植物和凋落物活动可能导致是马尾松林生产力不高、林地退化和阻碍森林恢复的主要原因。因为收割活动不但使输入土壤的养分减少,而且失去林下层会增加水土流失,减少土壤微生物的活动强度,致使土壤有机质和养分得不到恢复,而这些是森林土地成功恢复所必须的(Mo 等,1995;Brown 等,1995)。Mo 等和 Brown 等曾量化了人为干扰收割林下层植物和凋落物的作用规模,如作用频度、物理强度等。研究结果表明,这种活动每年从马尾松林中带走了 3.3 t/hm^2 的林下层植物和凋落物(分别为 2.4、0.9 t/hm^2),占群落生产量的 55 %(Brown 等,1995),而由此带走的养分占群落生产的 44～73 %(Mo 等,1995)。鉴于林下层植物和凋落物养分含量较高,和维持土壤肥力等方面的积极作用(莫江明等,2002),Brown 等(1995)和 Mo 等(1995)认为通过收获马尾松木材方式替代收割林下层植物和凋落物方式来满足当地居民的薪材需求更有利于退化马尾松林生态系统的恢复。本研究结果表明,林下层灌木和草本植物热值均较低,平均仅是马尾松的 92.1 %和 77.7 %(表 2、3、4),而且整个群落净能量生产中,林下层植物的贡献很小(存留和归还合计仅占 3.4 %、5.0 %和 4.2 %)(表 6)。可见,虽然林下层植物在养分循环中发挥重要的作用,但是在群落能量生产中则作用很小,本研究从能量的

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

角度进一步支持了 Brown 等和 Mo 等提出的观点，即收割林下层植物和凋落物作为能源补充是不科学的。

参考文献：

陈灵芝等. 1997. 中国森林生态系统养分循环[M]. 北京：气象出版社，63 - 68.

Brown S, Lenart MT, Mo JM, *et al*. 1995. Structure and organic matter dynamics of a human-impacted pine forest in a MAB reserve of subtropical China[J]. *Biotropica*, **27**(3): 276 - 289.

Deng RW(邓瑞文), Cheng TX(陈天杏), Feng YM(冯詠梅). 1985. Study on the energy utilization and production of tropical plantations(热带人工林的光能利用与生产量的研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **5**: 231 - 240.

Ding GJ(丁贵杰), Wang PC(王鹏程). 2001. Study on change laws of biomass and productivity of masson pine forest plantation Ⅱ Biomass and productivity of stand at different ages(马尾松人工林生物量及生产力变化规律研究 Ⅱ不同林龄生物量及生产力)[J]. *For Res*(林业科学研究), **15**(1): 54 - 60.

Fang YT(方运霆), Mo JM(莫江明). 2002. Study on carbon distribution and storage of a pine forest ecosystem in Dinghushan Biosphere Reserve(鼎湖山马尾松林生态系统碳素分配和贮量的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **22**(4): 305 - 310.

Huang ZF(黄展帆), Fan ZG(范征广). 1982. The climate of Ding Hu Shan(鼎湖山的气候)[J]. *Trop and Subtrop For Ecosystem*(热带亚热带森林生态系统研究), **1**:11 - 23.

Lin P(林 鹏), Lin YM(林益明), Li ZJ(李振基), *et al*. 1999. Study on energy of *Pinus taiwanensis* community in Wuyi Mountains(武夷山黄山松群落能量的研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **19**(4): 504 - 508.

Lin YM(林益明), Lin P(林 鹏), Li ZJ(李振基), *et al*. 1996. Study on energy of *Castanopsis eyrei* community in Wuyi Mountains(福建武夷山甜槠群落能量的研究)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **38**(12): 989 - 994.

Liu Y(吕 勇), Zeng SQ(曾思齐), Deng XW(邓湘文), *et al*. 1996. A study of stand biomass of *Pinus massoniana*(马尾松林分生物量的研究)[J]. *J Central-South For Univ*(中南林学院学报), **16**(4): 28 - 32.

Mo JM, Brown S, Lenart M, *et al*. 1995. Nutrient dynamics of a human-impacted pine forest in a MAB Reserve of subtropical China[J]. *Biotropica*, **27**(3): 290 - 304.

Mo JM(莫江明), Kong GH(孔国辉), Sandra Brown, *et al*. 2001. Litter fall response to human impacts in a Dinghushan pine forest(鼎湖山马尾松林凋落物及其对人类干扰反响的研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **25**(6): 656 - 664.

Mo JM(莫江明), Sandra Brown, Peng SL(彭少麟), *et al*. 2002. Role of understory plantson nutrient cycling of a restoring degraded pine forests in a MAB Reserve of subtropical China(林下层植物在退化马尾松林恢复初期养分循环中的作用)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **22**(9): 1 407 - 1 413.

Peng SL(彭少麟), Li MG(李鸣光), Lu Y(陆 阳). 1989. A primary study on the biomass and productivity of *Pinus massoniana* population in Dinghu Shan Biosphere Reserve(鼎湖山马尾松种群生物生产量初步研究)[J]. *Trop and Subtrop For Ecosystem*(热带亚热带森林生态系统研究), **5**: 75 - 82.

Ren H(任 海), Peng SL(彭少麟), Liu HX(刘鸿先), *et al*. 1999. The caloric value of main plant species at Dinghushan, Guangdong, China(鼎湖山植物群落及其主要植物的热值研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **23**(2): 148 - 154.

Wu HS(吴厚水), Liu HP(刘慧屏), Huang DJ(黄大基), *et al*. 1998. The energy flow and its utilization efficiency of the three forest communities in Dinghushan Natural Reserve(鼎湖山自然保护区 3 种群落的能量流和能量利用效率)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **18**(1): 82 - 89.

Xiang WH(项文化), Tian DL(田大伦). 2002. Nutrient cycling in *Pinus massoniana* stands of different age classes(不同年龄阶段马尾松人工林养分循环的研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **26**(1): 89 - 95.

Xie JS(谢锦升), Lin RW(林瑞余), Huang RZ(黄荣珍), *et al*. 2001. Study on energy pattern of recovering the *P. massoniana* and shrubs mixed forest on the serious degraded red soil(严重退化红壤上恢复的马尾松—灌木混交林群落能量格局的研究)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), **37**:131 - 136.

Yan JH(闫俊华), Zhou GY(周国逸). 2002. Solar radiation environment in Dinghushan Biosphere Reserve(Ⅱ): Solar radiation on the ground surface(鼎湖山自然保护区太阳辐射环境(Ⅱ):地面太阳辐射)[J]. *Trop and Subtrop For Ecosystem*(热带亚热带森林生态系统研究), **9**:102 - 107.

Zhang DQ(张德强), Ye WH(叶万辉), Yu QF(余清发), *et al*. 2000. The litter-fall of representative forest successional series in Dinghushan(鼎湖山演替系列中代表性森林凋落物研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **20**(6): 938 - 944.

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.