

几种红树植物木材热值和灰分含量的研究^{*}

林益明^{**} 林鹏 王通 (厦门大学生物学系, 厦门 361005)

【摘要】 在夏季对海南东寨港红树林自然保护区一些红树植物木材的灰分含量和热值进行了测定, 并研究了夏季不同纬度的秋茄(*Kandelia candel*)木材热值的变化. 结果表明, 红树植物木材的灰分含量较低, 在 2.43%~5.17% 之间; 干重热值在 17.23~19.21 kJ·g⁻¹ 之间, 去灰分热值在 17.70~20.10 kJ·g⁻¹ 之间; 嗜热窄布种无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)木材的干重热值和去灰分热值均是最低; 在夏季秋茄木材的热值随纬度升高而下降.

关键词 红树植物 木材 热值 灰分含量

Caloric values and ash contents of some mangrove woods. LIN Yiming, LIN Peng and WANG Tong (Department of Biology, Xiamen University, Xiamen 361005). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2000, 11(2): 181~184.

The caloric values and ash contents of some mangrove woods in Dongzhai Harbor Mangrove Forest Reserve of Hainan Province were determined in Summer, and the changes of the caloric value of *Kandelia candel* woods at different latitudes were studied. The ash content of mangrove woods was low, ranging from 2.43% to 5.17%; and their gross and ash-free caloric values ranged from 17.23 kJ·g⁻¹ to 19.21 kJ·g⁻¹ and from 17.70 kJ·g⁻¹ to 20.10 kJ·g⁻¹, respectively. *Sonneratia apetala* wood had the lowest gross and ash-free caloric values. The caloric value of *Kandelia candel* wood decreased with increasing latitude in Summer.

Key words Mangrove species Wood Caloric value, Ash content.

1 引言

红树林为自然分布于热带和亚热带海岸潮间带的木本植物群落, 通常生长在港湾河口地区的淤泥质滩涂上, 是海滩上特有的森林类型. 红树林生态系统处于海洋与陆地的动态交界面, 周期性遭受海水浸淹的潮间带环境, 使其在结构与功能上具有既不同于陆地生态系统也不同于海洋生态系统的特性, 作为独特的海陆边缘生态系统在自然生态平衡中起着特殊的作用^[6]. 因此, 红树林的研究日益受到人们的重视.

20 世纪 60 年代是能量生态学作为一门独立的学科形成的重要时期, 1960 年 Golley 应用氧弹式热量计测定了从热带雨林至极地泰加林主要植物群落中优势种类的平均热值^[2]. 1969 年, 他对热带雨林植物群落的能量进行了更深入研究. Golley 的工作导致了对生物个体、种群和群落能量测定的普遍展开, 同时使氧弹式热量计成为能量生态学的基本手段之一^[3]. 我国对能量生态学的研究始于 70 年代末. 对于红树植物能量的研究, 主要集中于红树群落的能量贮量、固定量、分布状况以及红树植物叶的热值变化规律^[4]. 到目前为止, 仍未从木材这个角度专门进行过研究. 本文对海南东寨港、广东深圳和福建厦门、龙海的一些红树植物木材的热值进行了研究, 探讨红树植物木材的热值变化规律, 丰富红树林能量生态学的研究, 为保护和發展红树林资源提供理论依据.

2 试验地自然概况与研究方法

2.1 自然概况

本实验样品采自海南东寨港、广东深圳福田和福建九龙江口红树林自然保护区, 因为海南岛在我国是红树植物种类最多, 分布和保存面积最大的地方, 本研究以海南东寨港红树林自然保护区为重点采集点. 采集地的自然条件概况见表 1. 样地的气候类型, 海南东寨港为北热带海洋性季风气候, 广东深圳福田和福建九龙江口属于南亚热带海洋性季风气候.

表 1 样地自然条件概况

Table 1 Natural conditions of the sampling sites

地点 Site	纬度 Latitude (N)	年平均温度 Mean annual temperature (°C)	土壤盐度 Soil salinity (‰)	年平均降水量 Mean annual rainfall (mm)
海南东寨港 Dongzhai harbor Hainan	19°54'	23.8	13.7	1697.8
广东深圳 Shenzhen, Guangdong	22°30'	22.4	17.6	1950.5
福建龙海 Longhai, Fujian	24°24'	20.9	16.3	1284.4
福建厦门 Xiamen, Fujian	24°31'	20.8	17.5	1036.0

2.2 研究方法

2.2.1 样品采集 从海南东寨港、广东深圳福田、福建龙海浮宫、厦门东屿等地采得胸径约 8cm 的木材样品, 每个样品采自 3 棵树, 实验材料取木材胸径部位, 采集时间为夏季的 7 至 8 月. 主要树种有红树科(Rhizophoraceae)的秋茄(*Kandelia can-*

* 国家自然科学基金资助项目(49576295).

** 通讯联系人.

1999-01-15 收稿, 1999-04-08 接受.

del)、木榄(*Bruguiera gymnorrhiza*)、海莲(*Bruguiera sexangula*)、尖瓣海莲(*Bruguiera sexangula* var. *rhynochopetala*)、角果木(*Ceriops tagal*)、红树(*Rhizophora apiculata*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*); 马鞭草科(Verbenaceae)的白骨壤(*Avicennia marina*); 紫金牛科(Myrsinaceae)的桐花树(*Aegiceras corniculatum*); 使君子科(Combretaceae)的红榄李(*Lumnitzera littorea*); 海桑科(Sonneratiaceae)的杯萼海桑(*Sonneratia alba*)、海桑(*Sonneratia caseolaris*)、无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)、卵叶海桑(*Sonneratia ovata*); 大戟科(Euphorbiaceae)的海漆(*Excoecaria agallocha*)。

2.2.2 测定方法 热值测定是取胸径部位木材去皮破碎后80℃烘干,磨粉处理后过筛贮存备用;另取小样105℃烘干至恒重,求含水量,而后用热量计法测定其热值含量。仪器采用长沙仪器厂生产的GR-3500型微电脑氧弹式热量计。样品热值以干重热值(每克干物质在完全燃烧条件下所释放的总热量,简称GCV)和去灰分热值(AFCV)来表示。测定环境是空调控温20℃左右;每份样品2~3次重复,重复间误差控制在±200J·g⁻¹,每次实验前用苯甲酸标定。

灰分含量的测定用干灰化法,即样品在马福炉550℃下灰化3~5h后测定其灰分含量,之后用以计算样品的去灰分热值,计算方法为:去灰分热值=干重热值/(1-灰分含量)。

3 结果与分析

3.1 海南东寨港不同红树植物木材灰分含量和热值

3.1.1 不同红树植物木材的灰分含量 从表2可见,这些红树植物木材的灰分含量在2.43%~5.17%之间,最低为尖瓣海莲,最高为角果木,从低到高的顺序为尖瓣海莲(2.43%)<无瓣海桑(2.63%)<海莲(2.92%)<红榄李(3.05%)<木榄(3.13%)<红树(3.32%)<海桑(3.82%)<杯萼海桑(3.86%)<秋茄(3.93%)<海漆(3.99%)<卵叶海桑(4.19%)<桐花树(4.27%)<红海榄(4.82%)<白骨壤(5.07%)<角果木(5.17%)。可见,这些红树植物木材的灰分含量都

表2 海南东寨港不同红树植物木材的灰分含量和热值

Table 2 Ash contents and caloric values of various mangrove woods at Dongzhai harbor of Hainan province

科 Family	种 Species	灰分含量 Ash content(%)	干重热值 Gross caloric value (kJ·g ⁻¹)	去灰分热值 Ash free caloric value (kJ·g ⁻¹)
红树科 Rhizophoraceae	海莲 <i>Bruguiera sexangula</i>	2.92	18.68	19.24
	尖瓣海莲 <i>Bruguiera sexangula</i> var. <i>rhynochopetala</i>	2.43	18.59	19.05
	木榄 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	3.13	18.80	19.41
	角果木 <i>Ceriops tagal</i>	5.17	19.06	20.10
	红树 <i>Rhizophora apiculata</i>	3.32	18.54	19.18
	红海榄 <i>Rhizophora stylosa</i>	4.82	18.17	18.93
	秋茄 <i>Kandelia candel</i>	3.93	18.59	19.35
	红榄李 <i>Lumnitzera littorea</i>	3.05	19.21	19.81
	海漆 <i>Excoecaria agallocha</i>	3.99	18.10	18.85
	杯萼海桑 <i>Sonneratia alba</i>	3.86	18.43	19.17
使君子科 Combretaceae	无瓣海桑 <i>Sonneratia apetala</i>	2.63	17.23	17.70
	卵叶海桑 <i>Sonneratia ovata</i>	4.19	17.90	18.97
	海桑 <i>Sonneratia caseolaris</i>	3.82	17.89	18.60
大戟科 Euphorbiaceae	白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	5.07	18.34	19.32
海桑科 Sonneratiaceae	桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	4.27	18.68	19.51
马鞭草科 Verbenaceae				
紫金牛科 Myrsinaceae				

较低。林鹏等^[8]研究海南东寨港7种红树植物叶的灰分含量在7.11%~9.80%之间,灰分含量从低到高分分别是桐花树、角果木、秋茄、海漆、海莲、木榄和红海榄。通过比较可以看出这7种红树植物叶的灰分含量大于相应木材的灰分含量,但叶与木材的灰分含量大小顺序不一致。灰分含量的高低与植物吸收元素量有关。N、P、K、Na、Mg、Cl等营养元素密切参与红树植物的生命过程,所以它们主要集中于生命活动旺盛的叶中;在高度木质化的组织木材, N、P、K、Na、Mg等元素含量较低^[6]。叶是有机物合成的场所,是代谢最活跃的器官,元素从土壤进入根系木质部导管后随蒸腾液流到达叶片,许多元素主要累积在叶中(而某些元素如Ca主要累积在木材),叶的灰分含量较高;茎部木材输导系统吸收积累元素较少,因而灰分含量较低。灰分含量高低可指示植物富集元素的作用,如白骨壤叶被用作绿肥就是因为其灰分含量高(12.27%),特别是N、P含量高的缘故^[7]。植物各组分对土壤元素的富集多少本质上与植物各组分对元素的需求量和土壤中元素的含量及存在形态等有关,而元素的存在形态因不同因素而不同,因此灰分含量与所处生境有关,不是固定不变的,灰分含量的高低可反映不同植物对矿质元素选择吸收与积累的特点。

3.1.2 红树植物木材的干重热值 从海南东寨港红树植物木材的干重热值来看,在17.23~19.21kJ·g⁻¹之间(表2)。使君子科的红榄李干重热值(19.21kJ·g⁻¹)最高;其次是红树科的角果木(19.06kJ·g⁻¹);而大戟科的海漆(18.10kJ·g⁻¹)和海桑科的卵叶海桑(17.90kJ·g⁻¹)、海桑(17.89kJ·g⁻¹)、无瓣海桑(17.23kJ·g⁻¹)干重热值较低。木材的干重热值由高到低的顺序是:红榄李>角果木>木榄>海莲=桐花树>秋茄>尖瓣海莲>红树>杯萼海桑>白骨壤>红海

榄>海漆>卵叶海桑>海桑>无瓣海桑。嗜热广布种的红海榄与海漆的干重热值相差不大; 抗低温广布种的秋茄、白骨壤、桐花树的干重热值也相差不大; 而嗜热窄布种海桑科的种类干重热值较低。图 1 为木材干重热值由低到高的顺序排列(1~15 号)。林鹏等^[8]在研究海南东寨港红树林自然保护区不同种红树植物叶灰分含量和热值变化时发现角果木、秋茄、海莲、木榄、

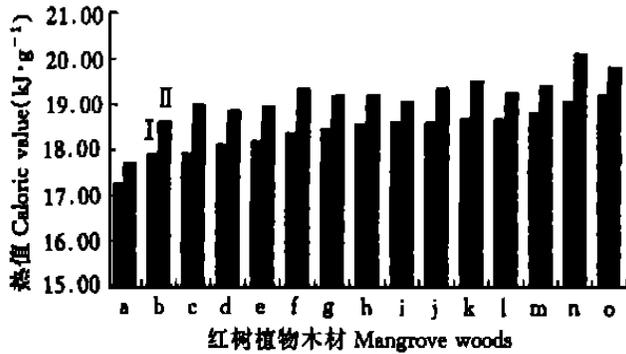


图 1 海南东寨港不同红树植物木材热值
Fig. 1 Caloric values of various mangrove woods at Dongzhai harbor of Hainan province.

I. 干重热值 Gross caloric value, II. 去灰分热值 Ash-free caloric value. 下同 The same below; a. 无瓣海桑 (*Sonneratia apetala*), b. 海桑 (*S. caseolaris*), c. 卵叶海桑 (*S. ovata*), d. 海漆 (*Excoecaria agallocha*), e. 红海榄 (*Rhizophora stylosa*), f. 白骨壤 (*Avicennia marina*), g. 杯萼海桑 (*S. alba*), h. 红树 (*Rhizophora apiculata*), i. 尖瓣海莲 (*Bruguiera sexangula* var. *rhynochopetala*), j. 秋茄 (*Kandelia candel*), k. 桐花树 (*Aegiceras corniculatum*), l. 海莲 (*Bruguiera sexangula*), m. 木榄 (*Bruguiera gymnorhiza*), n. 角果木 (*Ceriops tagel*), o. 红榄李 (*Lumnitzera littorea*).

红海榄这一组红树科红树植物叶的灰分含量顺序是由低到高而干重热值的变化趋势呈相反方向即逐渐下降(20.62、20.08、19.82、19.33、18.97kJ·g⁻¹). 本次实验这 5 种红树科植物木材的干重热值分别为角果木(19.06kJ·g⁻¹)、秋茄(18.59kJ·g⁻¹)、海莲(18.68kJ·g⁻¹)、木榄(18.80kJ·g⁻¹)、红海榄(18.17kJ·g⁻¹); 而相应的灰分含量分别为 5.17%、3.93%、2.92%、3.13%、4.82%。可见红树科植物木材的干重热值和灰分含量大小与叶存在不同的变化趋势。从植物解剖学和植物生理学角度^[1]看, 叶是植物体生理活动最活跃的器官, 含有较多的高能化合物如蛋白质和脂肪等物质; 木材是植物体的支持器官, 其生理活性几乎消失, 组成以纤维素和木质素为主, 纤维素和木质素的热值相对蛋白质和脂肪低, 因此叶的干重热值应高于木材的干重热值。Golley^[3]分析了各森林植被的干重热值发现: 一般说来, 森林植物(或森林植被)叶的干重热值大于木材的干重热值, 但在热带森林中略有差异(表 3); 尹毅等^[13]对红海榄红树林能量研究也发现叶干重热值低于木材干重热值的结果。红树林是热带和亚热带海岸森林, 木材能量的研究具有现实意义。由于植物组分或器官热值差异的形成主要是受自身组成(所含

的营养物质)、结构和功能的影响; 此外, 还受光照强度、日照长短及土壤类型和植物年龄影响^{[10][11]}。因此, 在衡量不同植物类群或种类间的热值高低不能仅比较某一重要组分如叶, 这样会得出片面结论。

表 3 不同森林类型的干重热值(kJ·g⁻¹)

Table 3 Gross caloric values of various forests

森林类型 Forest	叶 Leaf	木材 Wood	凋落物 Litter
萨王纳群落 Savanna community	20.28	19.00	19.39
柞木林 <i>Xylosma racemosum</i> forest	20.57	19.32	19.11
针叶林 Coniferous forest	20.57	19.83	19.72
落叶林 Deciduous forest	19.91	19.27	19.73
热带森林 Tropical forest	17.01	17.66	16.86
红海榄红树林 <i>Rhizophora stylosa</i> mangrove forest ^[13]	18.20	18.36	17.67
亚热带常绿阔叶林(甜槠林) Subtropical evergreen broad-leaved forest (<i>Castanopsis eyrei</i> forest) ^[10]	19.52	19.23	20.25

* 除亚热带常绿阔叶林(甜槠林)和红海榄红树林外, 其余资料引自文献^[3]。All data come from Golley FB. (1969), except the data of subtropical evergreen broad-leaved forest (*Castanopsis eyrei* forest) and *Rhizophora stylosa* mangrove forest.

3.1.3 红树植物木材的去灰分热值 从木材的去灰分热值来看, 在 17.70~20.10kJ·g⁻¹之间。红树科的角果木去灰分热值(20.10kJ·g⁻¹)最高; 其次为使君子科的红榄李(19.81kJ·g⁻¹); 最低为海桑科的无瓣海桑(17.70kJ·g⁻¹)。木材的去灰分热值由高到低的顺序是: 角果木>红榄李>桐花树>木榄>秋茄>白骨壤>海莲>红树>杯萼海桑>尖瓣海莲>卵叶海桑>红海榄>海漆>海桑>无瓣海桑。由此可见, 木材的去灰分热值与干重热值高低顺序有些不同。灰分含量的差异是木材干重热值差异的重要原因, 在能量生态学研究时, 干重热值在将植物生物量转化成相应的能量是有实用价值的; 但是, 在对不同植物种类或不同生态环境下的同种植物的热值比较时, 应采用去灰分热值以消除灰分含量不同而造成的影响。林鹏^[8]等研究海南东寨港 7 种红树植物(桐花树、海漆、海莲、木榄、秋茄、角果木、红海榄)叶的热值发现嗜热广布种角果木叶的干重热值和去灰分热值均是最高, 抗低温广布种桐花树居中, 另一嗜热广布种海漆最低; 本研究相应的这 7 种红树植物木材热值, 也是角果木最高, 桐花树居中, 海漆最低, 这说明这 7 种红树植物木材与叶片热值存在某些共性。综合来看, 红树科植物木材的去灰分热值(平均为 19.32kJ·g⁻¹)基本上大于海桑科植物木材(平均为 18.61kJ·g⁻¹), 抗低温广布种(秋茄、白骨壤、桐花树)木材的去灰分热值均高于嗜热窄布种海桑科植物木材, 具有一定规律性。

3.2 不同纬度的秋茄木材热值的变化

从海南东寨港(19°54'N)到福建省厦门东屿(24°31'N)取 4 个样地进行秋茄木材的热值测定(表 4 和图

2). 从不同纬度秋茄木材灰分含量来看不存在一定的规律性, 木材灰分含量与植株年龄、生长发育和所处的生境有关. 秋茄木材的干重热值在海南东寨港最高 ($18.59\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$), 其次是深圳 ($18.35\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$), 再次是福建龙海 ($17.86\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$), 厦门东屿的干重热值 ($17.42\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) 最低; 海南东寨港、深圳、龙海、厦门各地的木材的去灰分热值分别为 19.35 、 19.25 、 18.53 和 $18.14\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, 其变化趋势也是从高到低. 从秋茄的热值 (GCV 和 AFCV) 来看, 秋茄木材的热值随纬度的升高而降低. Golley^[3] 在研究热带植物的热值时发现, 热带植物热值存在着随纬度升高而上升的趋势, 尽管局部地区因小生境的影响而存在例外. Wielgolaski^[12] 也指出极地冻原也存在这一现象, 并认为这主要是因纬度的增加而温度下降, 致使植物累积高能量的脂肪而使热值升高. 林光辉等^[5] 在研究秋茄植物叶片热值时发现, 秋茄叶热值在除冬季随纬度升高而升高外, 其它季节是随纬度升高而下降. 本研究是秋茄木材(取自夏季), 其热值是随纬度上升而下降. 这与林光辉等^[5] 研究夏季秋茄叶的热值变化趋势一致. Golley 和 Wielgolaski 等研究并不是同种植物, 而采样时间也不尽相同, 所以结果是不同的. Jordan (1971) 综合了生态群落中不同植被类型叶片的平均干重热值后认为, 自然生长的不同植被类型热值的变化, 与世界范围内可利用的太阳辐射能和降水量的梯度有关. 植物群落的热值含量随降水量梯度降低而减少, 随可利用太阳辐射梯度的降低而增加的基本变化规律^[14]. 红树植物生长在潮间带

表 4 不同纬度秋茄木材的热值

Table 4 Caloric values of *Kandelia candel* woods at various latitudes

地点 Site	纬度 Latitude (N)	土壤盐度 Soil salinity (‰)	灰分含量 Ash content (%)	干重热值 GCV ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$)	去灰 分热值 AFCV ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$)
海南东寨港 Dongzhai haobos Hainan	19° 54'	13.7	3.93	18.59	19.35
广东深圳 Shenzhen, Guangdong	22° 30'	17.6	4.20	18.35	19.25
福建龙海 Longhai, Fujian	24° 24'	16.3	3.60	17.86	18.53
福建厦门 Xiamen, Fujian	24° 31'	17.5	4.01	17.42	18.14

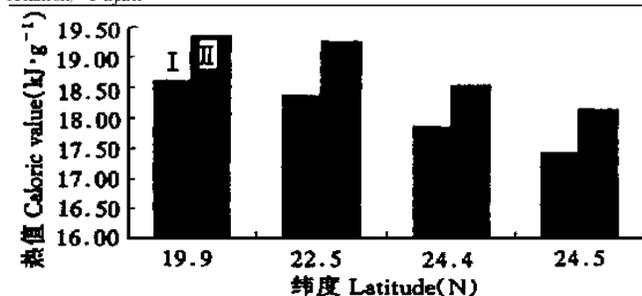


图 2 秋茄木材热值随纬度的变化趋势

Fig. 2 Changing trend of caloric values of *Kandelia candel* woods with latitudes.

环境, 降水量影响不显著; 主要影响因子可能是温度. 通过对不同纬度秋茄次生木质部的组织结构和数量特征的研究发现, 随纬度升高(从海南到广东深圳到福建), 温度下降, 各分布区导管分子长度、导管直径、穿孔板横隔的数目以及射线分布频率均有下降趋势^[9]. 从秋茄木材的结构变化可反映出秋茄木材热值变化的趋势. 植物热值是植物含能产品能量水平的一种度量, 可反映植物对太阳辐射能的利用状况. Golley^[2] 曾测定了全球范围内从热带雨林至极地冻原的不同植被类型的热值, 他认为地带性植被的热值有随纬度增加而增加的变化趋势. 热带湿润森林的平均干重热值最低, 特别是红树林 ($15.75\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, 样本数 11) (据现有的资料看, 此数据偏低). Lieth 认为也许被子植物适应环境的秘诀, 就在于有能力形成每单位重量的木材而支付少得多的能量^[4], 6000 万年来, 被子植物成功地超过了裸子植物, 在大部分温暖地区, 裸子植物已被推往树木生长的边缘环境(干燥寒冷或贫瘠)并进入早期的演替阶段. 红树林在陆海迁移进化过程中同样以低能量以适应环境.

参考文献

- Bidwell RGS. 1979. Trans. Liu F-L (刘富林). 1982. Plant Physiology (Volume II). Beijing: Higher Education Press. 173 ~ 181 (in Chinese)
- Golley FB. 1960. Energy values of ecological materials. *Ecology*, **42** (3): 581 ~ 584
- Golley FB. 1969. Caloric value of wet tropical forest vegetation. *Ecology*, **50** (3): 517 ~ 519
- Lieth H, Whittaker RH. 1975. Trans. Wang Y-Q (王业蓬). 1985. Primary Productivity of the Biosphere. Beijing: Science Press (in Chinese)
- Lin G-H (林光辉), Lin P (林鹏). 1991. The change of caloric values of a mangrove species, *Kandelia candel* in China. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **11** (1): 44 ~ 48 (in Chinese)
- Lin P (林鹏). 1997. Mangrove Ecosystem in China. Beijing: Science Press (in Chinese)
- Lin P (林鹏). 1984. Mangrove Vegetation. Beijing: Ocean Press. 38 ~ 48 (in Chinese)
- Lin P (林鹏), Lin G-H (林光辉). 1991. Study on the caloric value and ash content of some mangrove species in China. *Acta Phytocol Geobot Sin* (植物生态学与地植物学学报), **15** (2): 114 ~ 120 (in Chinese)
- Lin Y-M (林益明), Lin J-H (林建辉), Lin P (林鹏). 1998. Ecological comparison of secondary xylem anatomy of *Kandelia candel*. *J Oceanogr in Taiwan Strait* (台湾海峡), **17** (2): 219 ~ 223 (in Chinese)
- Lin Y-M (林益明), Lin P (林鹏), Li Z-J (李振基) et al. 1996. Study on energy of *Castanopsis eyrei* community in Wuyi Mountains. *Acta Bot Sin* (植物学报), **38** (12): 989 ~ 994 (in Chinese)
- Peng P-H (彭培好), Wang J-X (王金锡), Hu Z-T (胡振宇) et al. 1998. Energy characteristics of alder-cypress mixed plantation ecosystem. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **9** (2): 113 ~ 118 (in Chinese)
- Wielgolaski FE. 1975. Energy content and use of solar radiation of Feunoseandian Tundra plants. In: Wielgolaski FE ed. Feunoseandian Tundra Ecosystem Part I: Plant and Microorganisms. New York: Springer-Verlag. 201 ~ 207
- Yin Y (尹毅), Lin P (林鹏). 1993. Study on the energy of *Rhizophora stylosa* mangrove forest in Guangxi, China. *J Xiamen Univ* (Natural Science) (厦门大学学报(自然科学版)), **32** (1): 100 ~ 103 (in Chinese)
- Zu Y-G (祖元刚). 1990. Introduction to Energy Ecology. Changchun: Jilin Science and Technology Press. (in Chinese)

作者简介 林益明, 男, 32 岁, 博士, 副教授, 主要从事植物生态学和红树林湿地生态学, 已发表论文 40 余篇. E-mail: Linyim@public.xm.fj.cn