

# 日本大叶藻(*Zostera japonica*)根状茎和不同发育阶段叶片的热值动态

石雅君<sup>1,2</sup>, 范航清<sup>1,2</sup>, 潘良浩<sup>1,2</sup>, 邱广龙<sup>1,2</sup>, 李森<sup>1,2</sup>

(1. 广西红树林研究中心, 广西 北海 536000; 2. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530004)

**摘要:** 对广西沿岸海草优势种日本大叶藻(*Zostera japonica*)根状茎、幼叶、成熟叶和老叶的灰分含量、干质量热值和去灰分热值进行了初步研究。结果表明, (1) 日本大叶藻叶片从幼叶到成熟叶再到老叶的生长发育过程中, 灰分含量升高, 而干质量热值和去灰分热值下降; (2) 日本大叶藻根状茎的灰分含量和去灰分热值大于叶片的灰分含量和去灰分热值, 而干质量热值无明显的差别; (3) 日本大叶藻的灰分含量、干质量热值和去灰分热值低于红树植物的相应指标。

**关键词:** 海草; 日本大叶藻(*Zostera japonica*); 不同发育阶段叶片; 根状茎; 热值

中图分类号: Q949.7

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2011)11-0048-04

海草是只适应于海洋环境生活的单子叶植物<sup>[1]</sup>。中国有关海草的研究才刚刚起步, 主要研究内容为中国的海草种类和分布、海草分类学、海草生态学、光合作用、海草在生态养殖中的应用和海草耐盐机理等方面的研究<sup>[2]</sup>。在广西, 海草主要分布在北海古城岭、大冠沙、铁山港和沙田镇以及防城港的珍珠湾等地区, 其优势种为日本大叶藻 *Zostera japonica* 和喜盐草 *Halophila ovalis*<sup>[3-4]</sup>。以往研究表明植物热值可以用来衡量高等植物含能产品的能量水平, 同时反映高等植物对太阳辐射能的利用状况, 因此植物热值可以用来评价高等植物营养成分<sup>[5]</sup>。植物热值主要研究对象是草原草甸生态系统<sup>[6]</sup>、森林生态系统<sup>[7]</sup>、红树林生态系统<sup>[8]</sup>。目前国内对海草的热值研究还未见报道。本文对日本大叶藻根状茎、幼叶、成熟叶和老叶的热值和灰分含量进行研究, 从能量的角度认识海草植物的特性, 以期海草植物的保护、管理和恢复提供理论依据。

## 1 研究地概况

研究地设在广西北海市的古城岭(21°24.693'N, 109°10.546'E)、竹林(21°26.270'N, 109°20.987'E)和榕根山(21°29.728'N, 109°41.107'E)。三个海草场的滩涂类型为红树林滩涂, 海岸类型为沙质海岸, 从理论深度基准面算起 0~2 m。

古城岭海草场的日本大叶藻呈斑块状分布, 海草场近岸端分布有以白骨壤(*Avicennia marina*)为优势

种的红树林。

在竹林海草场中日本大叶藻、喜盐草和二药藻(*Halodule uninervis*)混生, 呈斑块状分布, 每个斑块的优势种不同。海草场近岸端分布有以白骨壤为优势种的红树林。

榕根山海草场面积为 18 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。日本大叶藻和贝壳喜盐草(*Halophila beccarii*)连片混生, 以日本大叶藻为优势种。海草场中生有大米草(*Spartina anglica*), 在近岸端分布有 2.7 hm<sup>2</sup><sup>[9]</sup>以白骨壤为优势种红树林。

## 2 材料与方法

### 2.1 样品采集

2007年4月, 在榕根山连片的日本大叶藻海草场上设置一个 100 m×100 m 的样方采样。2007年9月在古城岭海草场上设置两个 50 m×50 m 的样方, 两个样方之间间隔 50 m; 在竹林海草场以日本大叶藻为优势种的斑块上设置两个 50 m×50 m 的样方, 两个样方相距 10 m 左右。

收稿日期: 2010-08-11; 修回日期: 2010-12-01

基金项目: 广西科学基金项目(桂科基 0832030); 广西大学人才引进专项(2008); 广西红树林保护重点实验室主任基金项目; 联合国开发计划署全球环境基金项目(SCCBD/CPR/02/31)

作者简介: 石雅君(1980-), 男, 辽宁开原人, 助理研究员, 博士, 主要从事海草生态学研究, E-mail: shiyajun322@sina.com; 范航清, 通信作者, 研究员, E-mail: fanhq666@126.com

1) 陈永宁. 广西合浦海草场生态系统及其可持续利用. 科学发展观与循环经济学术论文集, 2004, 74-77.

在每个样方内用木铲随机挖出海草,用海水冲洗干净,放入样品袋中在低温环境下带回实验室分样。每个被挖掘的斑块要小于  $0.25 \text{ m}^2$ ,以利于海草在一年后恢复<sup>[10]</sup>。

## 2.2 样品处理

根据日本大叶藻叶簇的形态特征<sup>[10]</sup>、叶片的相对长度、颜色和叶尖形态分为幼叶、成熟叶和衰老叶三类。幼叶在叶簇中为第 1 片叶子,相对长度最短(一般小于成熟叶和衰老叶的一半),颜色为淡绿色,有时呈黄绿色,叶尖锐圆。成熟叶在叶簇中为第 2、3 片叶子,相对长度最长,颜色为绿色,有时呈深绿色,叶尖锐圆。衰老叶在簇中为第 4、5 片叶子,相对长度中等(一般小于成熟叶,大于幼叶),颜色为暗绿色,有时黑褐色的斑点,叶尖残缺。分出根状茎,去除根和叶鞘。

## 2.3 测定方法

所有样品处理后在  $0.2 \text{ mol/L}$  的  $\text{HCl}$  内浸泡  $1 \text{ min}$ <sup>[11]</sup>,  $60^\circ\text{C}$  烘干至恒质量,放入样品袋内揉碎后过筛去除附生生物和杂质后过筛贮存备用。热值含量测定使用上海昌吉地质仪器有限公司生产的 XRY-1B 型微机氧弹热量计,测定方法参照文献<sup>[5]</sup>。灰分含量的测定用干灰化法<sup>[12]</sup>。日本大叶藻热值用干质量热值(GCV)和去灰分热值(AFCV)来表示<sup>[13]</sup>。

# 3 结果与讨论

## 3.1 灰分含量

广西海草优势种日本大叶藻幼叶、成熟叶、老叶与根状茎的灰分含量见图 1。在日本大叶藻叶片的生长发育过程中(从幼叶到成熟叶再到老叶),灰分含量老叶( $12.26\%$ ) > 成熟叶( $10.72\%$ ) > 幼叶

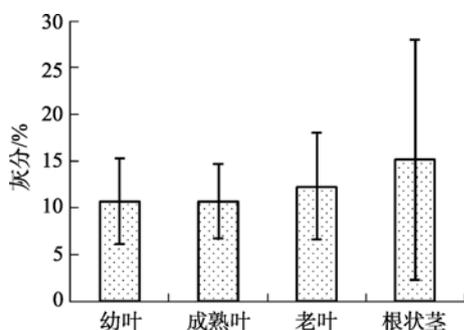


图 1 日本大叶藻的幼叶、成熟叶、老叶和根状茎的灰分含量

Fig. 1 Ash contents of young leaves, mature leaves, old leaves and the rhizome of *Z. japonica*

( $10.68\%$ ); 而根状茎的灰分含量大于老叶、成熟叶和幼叶的灰分含量。

植物灰分主要是植物体内矿物元素氧化物的总和。植物叶片在衰老过程中叶片氮和磷等元素的浓度随之下降,而重金属元素的含量增加,老叶的灰分含量高于幼叶和成熟叶<sup>[5]</sup>。范航清等<sup>[4]</sup>研究表明:日本大叶藻叶片衰老过程中,叶片中大约 10%的氮和 30%的磷转移至幼叶中,而钙、镁、铁和锰等在叶片衰老过程中含量却增加。因此,日本大叶藻的灰分含量变化趋势与此相符。

与热带亚热带地区滨海红树植物叶片的平均灰分含量(表 1)相比,日本大叶藻叶片的平均灰分含量( $11.22\%$ )高于除卤蕨(*Acrostichum aureum*)和白骨壤以外的其他红树植物。

日本大叶藻叶片在生长发育过程中灰分含量的变化趋势与红树植物<sup>[17]</sup>——秋茄和无瓣海桑以及榕树 *Ficus microcarpa*、橡皮树 *F. elastica*、大叶榕 *F. laco*<sup>[5]</sup>相近。而与木榄、桐花树、海漆、银叶树、菩提树 *F. religiosa* 和黄金榕 *F. microcarpa* cv. Golden-leaves 存在差异。本研究进一步说明植物叶片的生长发育过程中灰分变化趋势因植物种类和生存环境而异。

## 3.2 干质量热值

日本大叶藻幼叶、成熟叶、老叶和根状茎的干质量热值见图 2。干质量热值幼叶( $15.05 \text{ kJ/g}$ ) > 成熟叶( $14.47 \text{ kJ/g}$ ) > 老叶( $13.75 \text{ kJ/g}$ )。由于幼叶生长旺盛,积累的有机物最多;成熟叶的生命活动旺盛,光合能力强;老叶则处于衰退之中,故老叶的干质量热值低于幼叶和成熟叶。日本大叶藻根状茎的干质量热值与叶片的干质量热值无明显差异( $P > 0.05$ )。

与热带亚热带滨海地区红树植物叶片的平均干质量热值(表 1)相比,日本大叶藻的叶片的平均干质量热值( $14.42 \text{ kJ/g}$ )较低。干质量热值的高低主要与植物体内内含物含量有关<sup>[17-19]</sup>,因此红树植物叶片的内含物含量高于海草植物。

日本大叶藻生长发育过程中干质量热值变化趋势与海漆和菩提树的相近,不同于其他 5 种红树植物<sup>[17]</sup>以及榕属 4 种植物<sup>[5]</sup>。本研究进一步说明植物叶片的去灰分热值在生长发育过程中的变化趋势因植物种类和生存环境的不同而存在差异。

## 3.3 去灰分热值

从日本大叶藻幼叶、成熟叶和老叶的去灰分热

值来看(图 3), 幼叶(16.88 kJ/g) > 成熟叶(16.21 kJ/g) > 老叶(15.64 kJ/g); 这个结果与干质量热值的结论相同。根状茎的去灰分热值(17.32 kJ/g)大于叶的去灰分热值(16.24 kJ/g)。

表 1 红树植物叶片的平均灰分含量、平均干质量热值和平均去灰分热值  
Tab. 1 Average ash content, average GCV and average AFCV of mangroves

气候带	取样地点	树种	平均灰分含量(%)	平均干质量热值(kJ/g)	平均去灰分热值(kJ/g)	来源
南亚热带	深圳福田	无瓣海桑 <i>Sonneratia apetala</i>	9.52	18.81	20.79	[14]
		秋茄 <i>Kandelia obovata</i>	7.59	20.30	21.96	[14]
		海漆 <i>Ercoecaria agallocha</i>	9.88	17.82	19.77	[14]
		木榄 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	8.96	20.61	22.65	[14]
		桐花树 <i>Aegiceras forniculatum</i>	5.39	20.82	22.00	[14]
		银叶树 <i>Heritiera littoralis</i>	4.96	20.88	21.97	[14]
		卤蕨	12.50	17.62	20.13	[14]
热带-亚热带	厦门东屿	白骨壤	14.51	18.27	21.37	[15]
	广西山口	红海榄 <i>Rhizophora stylosa</i>		18.20		[16]
热带	海南东寨港	桐花树	7.2	19.8	21.3	[13]
		角果木 <i>Ceriops togal</i>	7.6	20.6	22.4	[13]
		秋茄	7.8	20.2	21.8	[13]
		海漆	8.8	18.0	20.7	[13]
		海莲 <i>Bruguiera sexangula</i>	9.1	19.9	21.9	[13]
		木榄	9.7	19.3	21.5	[13]
		红海榄	9.9	18.8	21.1	[13]

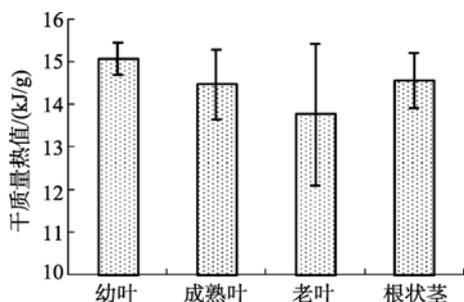


图 2 日本大叶藻的幼叶、成熟叶、老叶和根状茎的干质量热值

Fig. 2 Gross calorific values of young leaves, mature leaves, old leaves and the rhizome of *Z. japonica*

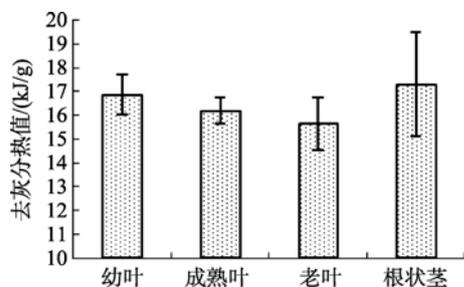


图 3 日本大叶藻的幼叶、成熟叶、老叶和根状茎的去灰分热值

Fig. 3 Ash free calorific values of young leaves, mature leaves, old leaves and the rhizome of *Z. japonica*

与热带亚热带地区滨海红树植物叶片的平均去灰分热值(表 1)相比, 日本大叶藻叶片的平均去灰分热值(16.24 kJ/g)低于红树植物。

日本大叶藻生长发育过程中去灰分热值变化趋势不同于红树植物<sup>[5]</sup>以及榕属 4 种植物<sup>[17]</sup>, 但与菩提树的相近。本研究进一步说明植物的生长发育过程中去灰分热值变化趋势因植物种类而异。

## 4 结论

(1)在日本大叶藻叶片的生长发育过程中(从幼叶到成熟叶再到老叶), 灰分含量为幼叶 10.68%, 成熟叶 10.72%和老叶 12.26%, 有升高的趋势; 而干质量热值(幼叶 15.05 kJ/g, 成熟叶 14.47 kJ/g 和老叶 13.75 kJ/g)和去灰分热值(幼叶 16.88 kJ/g, 成熟叶 16.21 kJ/g 和老叶 15.64 kJ/g)有降低的趋势。

(2)根状茎的灰分含量(15.14%)和去灰分热值(17.32 kJ/g)大于叶片的灰分含量和去灰分热值, 根状茎的干质量热值(14.55 kJ/g)介于幼叶(15.05 kJ/g)和成熟叶(14.47 kJ/g)的之间。

参考文献:

[1] 杨宗岱. 中国海草生态学的研究[J]. 海洋科学, 1982,

- 2: 34-37.
- [2] Shi Y J, Fan H Q, Cui X J, et al. Overview on seagrasses and related research in China [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2010, 28(2): 329-339.
- [3] 范航清, 彭胜, 石雅君, 等. 广西北部湾沿海海草资源与研究状况[J]. 广西科学, 2007, 14(3): 289-295.
- [4] 范航清, 邱广龙, 石雅君, 等. 中国亚热带海草生理生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 111-126.
- [5] 谭忠奇, 林益明, 向平, 等. 5种榕属植物不同发育阶段叶片的热值与灰分含量动态[J]. 浙江林学院学报, 2003, 20(3): 264-267.
- [6] 张鸿芳, 陈佐忠. 大针茅典型草原几种主要植物含热值的季节变化[J]. 植物学通报, 1993, 10(1): 51-53.
- [7] 任海, 彭少麟, 刘鸿先, 等. 鼎湖山植物群落及其主要植物的热值研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(2): 148-154.
- [8] 林鹏, 范航清. 九龙江口秋茄叶热植月变化的初步研究[J]. 科学通报, 1989, 34(4): 298-300.
- [9] 邓超冰. 北部湾儒艮及海洋生物多样性[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2002: 45-52.
- [10] Short F T, Coles R G. Global Seagrass Research Methods[M]. Amsterdam: Elsevier Science BV, 2001: 425-444.
- [11] Patrick D, Mathieu P. Methods for removing epiphytes from seagrasses: SEM observations on treated leaves[J]. Aquatic Botany, 1995, 52(3): 217-228.
- [12] 中国土壤学会农让委员会. 土壤常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 4-52.
- [13] 林光辉, 林鹏. 几种红树植物的热值和灰分含量研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(2): 114-120.
- [14] 林益明, 柯莉娜, 王湛昌, 等. 深圳福田红树林区 7种红树植物叶热值的季节变化[J]. 海洋学报, 2002, 24(3): 112-118.
- [15] 林鹏, 胡宏友, 王文卿. 厦门东屿白骨壤群落生物量和能量[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1995, 34(2): 282-286.
- [16] 尹毅, 林鹏. 广西红海榄红树群落的能量研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1993, 32(1): 100-103.
- [17] 林益明, 向平, 林鹏. 深圳福田几种红树植物繁殖体与不同发育阶段叶片热值研究[J]. 海洋科学, 2004, 28(2): 43-48.
- [18] Lin Y M, Liu J W, Xiang P, et al. Tannins and nitrogen dynamics in mangrove leaves at different age and decay stages (Jiulong River Estuary, China) [J]. Hydrobiologia, 2007, 583: 285-295.
- [19] Nemesio M, Montano E, Bonifacio R S, et al. Proximate analysis of the flour and starch from *Enhalus acoroides* (L.f.) Royle seeds [J]. Aquatic Botany, 1999, 65: 321-325.

## Caloric value of the rhizome and leaves at different developmental stages of *Zostera japonica*

SHI Ya-jun<sup>1, 2</sup>, FAN Hang-qing<sup>1, 2</sup>, PAN Liang-hao<sup>1, 2</sup>, QIU Guang-long<sup>1, 2</sup>, LI Sen<sup>1, 2</sup>

(1. Guangxi Mangrove Research Center, Beihai 536000, China; 2. Forestry College, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Received:** Aug., 11, 2010

**Key words:** seagrass; *Zostera japonica*; leaves at the different development stages; rhizome; caloric value

**Abstract:** Caloric values and ash contents of the rhizome, young leaves, mature leaves, old leaves of *Zostera japonica*, the dominant seagrass species in Guangxi, were studied. We found that with the growth of leaves, ash contents (AC) increased, while gross caloric values (GCV) and ash free caloric values (AFCV) decreased. In addition, ash content and AFCV of the rhizome were larger than those of leaves, but there was no difference between GCV of the rhizome and that of leaves. Moreover, AC, GCV and AFCV of seagrass *Z. japonica* were less than those of mangrove.

(本文编辑: 张培新)