

福建红树林区 4 种海藻的营养成分

刘维刚¹, 林益明¹, 陈贞奋¹, 林 鹏^{1*}

(1. 厦门大学 生物学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 主要对福建红树林区 4 种海藻(扁浒苔 *Enteromorpha compressa*, 混合卷枝藻 *Bostrychia mixta*, 鹧鸪菜 *Caloglossa leprieurii*, 节附链藻 *Catenella impudica*) 的营养元素和氨基酸含量等进行研究. 结果表明:(1) 福建红树林区 4 种海藻 Fe, Mn 含量显著高于一般海藻的平均浓度; Ca 含量则普遍低于一般海藻的平均浓度; P, K, Mg 含量则高于或低于一般海藻的平均浓度;(2) 福建红树林区 4 种海藻总氨基酸含量(TAA)由高到低依次为(干重): 扁浒苔 265.89 mg/g, 混合卷枝藻 211.96 mg/g, 鹧鸪菜 189.53 mg/g, 节附链藻 111.10 mg/g; 而必需氨基酸含量(EAA)由高到低依次为: 混合卷枝藻 87.42 mg/g, 扁浒苔 82.92 mg/g, 鹧鸪菜 73.62 mg/g, 节附链藻 34.41 mg/g;(3) 在 3 和 6 月, 对生长在秋茄板状根上和岩石面上的鹧鸪菜营养成分比较, 前者的总氨基酸和必需氨基酸含量均大于后者; 而元素含量则有不同变化.

关键词: 海藻; 营养成分; 红树林; 福建

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 0253- 4193(2002)03- 0088- 06

1 引言

红树林区的海藻是林区的底栖动物尤其是具有经济价值的底栖动物的主要饵料之一, 为发展红树林区养殖业提供物质基础. 同时, 藻体的腐解也增加了红树林区基质的肥沃度, 促进了红树植物的生长繁殖. 因此, 对红树林区海藻的营养成分分析, 为充分利用红树林区发展水产养殖业提供科学依据.

2 福建红树林区的自然条件概况

福建省有 3 300 km 的海岸线, 是中国红树林自然分布的北限, 在沿岸的河口海湾分布着

收稿日期: 2000- 07- 03; 修订日期: 2000- 09- 25.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49070276).

作者简介: 刘维刚(1965—), 男, 安徽省南陵县人, 硕士, 从事植物生态学研究.

* 通信人: 厦门大学生物系林鹏.

大面积的红树林. 本文在该地区选择3个样地作为种类分布和生态调查的林区:云霄县竹塔村、龙海市浮宫镇草埔头村和福鼎县蚶屿村(图1). 3个样地中前两个在闽南,后1个在闽东北;前两个相差半个纬度,但年均温度相似,群落优势种不同:竹塔村为桐花树(*Aegiceras corniculatum*)群落,草埔头村为秋茄(*Kandelia candel*)群落;而蚶屿村与草埔头村纬度相距 3° ,年均温相差 3.4°C ,最低月均温相差 4.6°C ,但同是秋茄群落,前者仅高 $1.5\sim 2.0\text{ m}$,后者林相高达 6.0 m (表1).

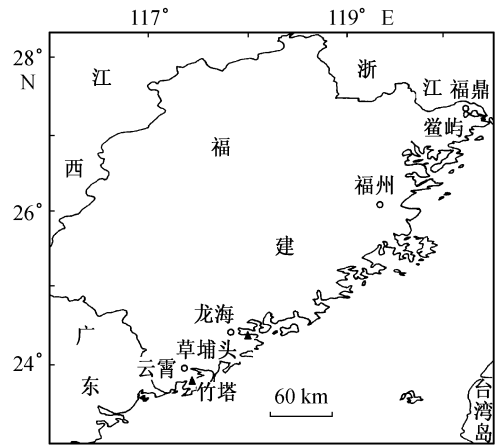


图1 福建沿海红树林区海藻调查和采集实验点(▲)

表1 福建3个红树林区的优势种及其生境特点

地点	优势种高度/m	北纬	年均温度/ $^{\circ}\text{C}$	月均最低温度/ $^{\circ}\text{C}$	土壤pH值
云霄县竹塔村	桐花树(1.7~2.5)	$23^{\circ}59'$	21.8	14.8	6.86
龙海市草埔头村	秋茄(5.5~6.0)	$24^{\circ}24'$	21.6	14.1	7.23
福鼎县蚶屿村	秋茄(1.5~2.0)	$27^{\circ}20'$	18.2	9.5	7.58

3 材料和方法

1990年春季,在福建3个红树林区以及邻近岩石面上采集了4种大量生长的海藻,即混合卷枝藻、节附链藻、鹧鸪菜、扁浒苔,带回实验室,去除杂物,清理出藻体, 80°C 烘干,研磨过35号筛,密封贮存在玻璃瓶中.另取小样在 105°C 烘干至恒重,求其样品的干重.

P含量的测定用钼蓝比色法,K,Na,Ca,Mg,Fe,Mn含量用5000型原子吸收光谱分析法^[1];氨基酸含量的测定,采用6N HCl密封水解样品,PITC柱前衍生法,Waters高效液相色谱仪测定^[2];热值含量用热量计法测定,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°C 左右;每份样品2~3次重复,重复间误差控制在 $\pm 200\text{ J/g}$.灰分含量的测定用干灰化法,即样品在马福炉 550°C 下灰化5h后测定其灰分含量.

4 结果和讨论

4.1 福建红树林区4种海藻的几种营养元素含量

1990年春季,在福建3个红树林区共采集了4种大量生长的海藻,对其主要营养元素的含量进行了测定(见表2).并将姚南瑜^[3]报道的在海藻中所含这些元素的平均浓度以及在水中的平均浓度一并列出,进行分析比较.由表2看出,在红树林区采集的4种海藻,其中微量元素Fe,Mn含量显著高于一般海藻的平均浓度;Ca含量则普遍低于一般海藻的平均浓度;

P, K, Mg 含量则高于或低于一般海藻的平均浓度. 综合来看, 红树林区这 4 种海藻的营养元素含量是较高的, 也反映了海藻的可利用价值. 分析的这 4 种海藻不仅是在红树林区大量生长的种类, 而且有的种类是全年生长着, 如鹧鸪菜, 在福建 3 个主要红树林区一年四季均有生长, 混合卷枝藻除了在蚶屿村没有发现外, 在其他两处均有, 也是一年四季几乎均有生长. 扁浒苔在春季是盛产种类. 因此从这些海藻所含的多种营养元素的丰富程度也表明了红树林生态系统的海藻的作用是不可忽视的.

表 2 海藻和海水中的几种元素含量

元素	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (%)	Mn/11g·g ⁻¹
混合卷枝藻	0.447	4.252	0.135	1.106	0.554	0.512	345.2
节附链藻	0.172	0.577	1.121	0.827	1.373	0.220	193.3
鹧鸪菜	0.541	3.643	0.325	1.186	0.927	0.288	221.2
扁浒苔	0.812	3.047	0.385	0.961	1.300	0.649	244.8
在海藻中的平均浓度*	0.28	4.11	—	1.43	0.73	0.03	50.0
在海水中的平均浓度*	6.8 × 10 ⁻⁶	0.0406	—	0.0412	0.129	3.0 × 10 ⁻⁷	0.001

* 数字引自姚南瑜^[3].

4.2 氨基酸组分

氨基酸是构成蛋白质的基本单位, 蛋白质是藻类细胞的重要组成物质. 一般来说, 氨基酸含量高的海藻其蛋白质含量也相应高. 对上述福建红树林区 4 种主要海藻进行氨基酸含量的测定, 比较藻类之间, 以及藻类和红树植物秋茄落叶之间的氨基酸营养水平, 对评价红树林区的大型底栖海藻的营养价值具有重要的意义. 本文列出 17 种氨基酸含量见表 3(由于采用浓酸水解样品的方法, 色氨酸受到破坏因而未测出, 另外, 半胱氨酸转化成胱氨酸、天冬氨酰与谷氨酰胺分别包括在天冬氨酸和谷氨酸里面). 17 种氨基酸分别为: 甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、缬氨酸(Val)、亮氨酸(Leu)、异亮氨酸(Ile)、丝氨酸(Ser)、苏氨酸(Thr)、天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、赖氨酸(Lys)、组氨酸(His)、精氨酸(Arg)、苯丙氨酸(Phe)、酪氨酸(Tyr)、胱氨酸(Cys)、蛋氨酸(Met)、脯氨酸(Pro).

将得到的 17 种氨基酸相累加为总氨基酸. 从 4 种海藻氨基酸测定的结果看, 总氨基酸含量从大到小依次为: 扁浒苔 265.89 mg/g, 混合卷枝藻 211.96 mg/g, 鹧鸪菜 189.53 mg/g, 节附链藻 111.10 mg/g. Munda 和 Gbensek^[4]对冰岛的 10 种红藻、4 种绿藻 TAA 含量的测定结果表明, 红藻 TAA 平均含量高达 283.2 mg/g, 绿藻 TAA 平均含量高达 288.5 mg/g. 相比之下, 福建红树林区 4 种海藻 TAA 含量均较低些, 这可能与冰岛纬度较高有关; 福建红树林区 4 种海藻 TAA 含量与生长在同一生境的红树植物秋茄的鲜叶和落叶相比则高得多. 范航清^[5]对龙海草埔头村秋茄的鲜叶和落叶的 TAA 含量测定结果分别为 78.20 和 27.43 mg/g. 王渊源^[6]测定了人工培养液下培养的 9 种常作为海产养殖饲料的浮游藻类的氨基酸含量. 通过比较, 只有小新月菱形藻的 TAA 含量(346.66 mg/g)显著高于本研究的 4 种海藻, 其余 8 种藻类的 TAA 含量(105.60~270.33 mg/g)则较接近或略低些.

表3 福建红树林区4种海藻氨基酸含量(mg/g)

氨基酸	混合卷枝藻	节附链藻	鹧鸪菜	扁浒苔
天冬氨酸	2.76(1.3)	13.40(12.1)	21.59(11.4)	11.22(4.2)
苏氨酸*	47.93(22.6)	5.14(4.6)	4.26(2.3)	15.99(6.0)
丝氨酸	24.78(11.7)	8.66(7.8)	13.66(7.2)	19.66(7.4)
谷氨酸	60.60(28.6)	18.23(16.4)	23.03(12.2)	43.54(16.4)
脯氨酸	1.66(0.8)	9.20(8.3)	15.41(8.1)	46.59(17.5)
甘氨酸	27.63(13.0)	17.03(15.3)	28.59(15.1)	46.51(17.5)
丙氨酸	6.93(3.3)	9.93(8.9)	13.17(6.9)	12.83(4.8)
胱氨酸	0.14(0.1)	0.24(0.2)	0.46(0.2)	2.62(1.0)
缬氨酸*	5.43(2.6)	4.66(4.2)	8.03(4.2)	5.81(2.2)
蛋氨酸*	0.99(0.5)	0.81(0.7)	2.86(1.5)	2.58(1.0)
异亮氨酸*	2.23(1.1)	1.05(0.9)	1.82(1.0)	0.52(0.2)
亮氨酸*	5.13(2.4)	4.28(3.9)	4.32(2.3)	1.61(0.6)
酪氨酸*	4.76(2.2)	1.49(1.3)	10.72(5.7)	16.16(6.1)
苯丙氨酸*	4.10(1.9)	4.61(4.2)	6.87(3.6)	8.35(3.1)
赖氨酸*	2.30(1.1)	2.09(1.9)	4.42(2.3)	6.13(2.3)
组氨酸*	2.60(1.2)	1.08(1.0)	1.61(0.8)	2.07(0.8)
精氨酸*	11.95(5.6)	9.20(8.3)	28.71(15.2)	23.70(8.9)
EAA(Σ)	87.42	34.41	73.62	82.92
TAA(Σ)	211.96(100)	111.10(100)	189.53(100)	265.89(100)

*表示必需氨基酸 EAA; 括号里的数值为占TAA 的百分率。

这17种氨基酸中,有10种氨基酸是动物本身不能合成的,成为动物必需的氨基酸,简称EAA^[7]。在福建红树林区4种海藻中,累加10种必需氨基酸得到的EAA,由大到小依次为:混合卷枝藻87.42 mg/g,扁浒苔82.92 mg/g,鹧鸪菜73.62 mg/g,节附链藻34.41 mg/g。而王渊源^[6]对9种浮游藻类测定的EAA含量绝大多数在87.41~158.06 mg/g之间,只有湛江叉鞭金藻为51.68 mg/g最小。红树植物秋茄的鲜叶和落叶的EAA含量则分别为(去灰分干重)31.27和10.26 mg/g。可见红树林区的这4种海藻作为动物的食物其营养价值要远高于秋茄的叶,而稍逊于人工培养下作为海产植物性活饵料的一些浮游藻类。如何充分利用自然红树林下的海藻是可开发的一个方向。

由个别氨基酸的含量看,福建红树林区这4种海藻中,甘氨酸、丝氨酸、谷氨酸、精氨酸含量均较高,它们共占总氨基酸含量的47.8%~58.9%。这说明了这4种氨基酸在红树林区海藻的氨基酸组分中占重要的地位。

4.3 不同基质上海藻营养成分的比较

为比较生长在红树板状根上和岩石面上的海藻营养成分的差异,1990年3和6月,在龙海市草埔头村同时采集了生长在秋茄板状根上和秋茄林附近的堤坝岩石面上的鹧鸪菜,分别测定其氨基酸含量和几种营养元素含量,测定结果见表4。

由表4可见,在两种不同基质上生长的鹧鸪菜中,在3月Ca, Mg, Mn的含量,生长在秋茄板状根上的较生长在岩石面上的为高,在6月则相反;P, K的含量在3月,生长在岩石面上的

较生长在秋茄板状根上的高,在6月则相反;Fe,Na含量在3和6月,生长在岩石面上的均较生长在秋茄板状根上的高.这些结果说明藻体内各种矿质元素含量与生境并无直接的关系,甚至岩石面上的藻类化学元素含量更高,化学元素的来源是海水,在岩石面上滞留的多为藻类所利用,而树皮上的海水则藻类与树皮均可吸收,所以,化学元素在不同基质上的利用是随机的.但是在氨基酸含量方面,不论是总氨基酸含量,还是必需氨基酸含量,秋茄板状根上生长的鹧鸪菜高于岩石面上生长的鹧鸪菜,这说明了秋茄板状根上生长的鹧鸪菜和岩石面上生长的鹧鸪菜其氨基酸来源和合成能力是与基质有关,并表明树皮上的海藻营养价值较高,这些研究是初步的,有待于进一步研究.

表4 秋茄板状根上和岩石面上的鹧鸪菜营养成分比较

项目	3月		6月	
	秋茄板状根上	岩石面上	秋茄板状根上	岩石面上
P(%)	0.541	0.590	0.256	0.241
K(%)	3.643	4.355	1.900	1.844
Na(%)	0.325	0.936	1.749	1.798
Ca(%)	1.186	0.648	0.221	0.342
Mg(%)	0.927	0.800	0.689	0.702
Fe(%)	0.288	0.363	1.356	2.117
Mn/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	221.2	213.7	719.8	936.0
TAA/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	189.53	113.49	152.84	139.15
EAA/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	73.62	55.40	83.78	58.90

4.4 红树林区主要海藻的热值

热值是植物含能产品能量水平的一种度量,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)和去灰分热值来表示.对龙海市草埔头村红树林区的两种海藻鹧鸪菜、扁浒苔,以及生长在红树林附近岩石面生境的鹧鸪菜的热值进行测定,并与秋茄叶的热值进行比较(表5).

由表5可以看出,红树林区海藻的热值较之同时期的秋茄叶要小些,根据卢昌义等^[8]研究表明,福建九龙江口龙海草埔头村秋茄群落年凋落物量达 $920.8\text{ g}/\text{m}^2$,而红树林区海藻的生物量在不同季节一般仅在 $0.2\sim 13.3\text{ g}/\text{m}^2$ ^[9]范围.因而,红树林区海藻在红树林生态系统的能量流动中,所占的比重较小.

表5 红树林区海藻和秋茄叶热值的比较

热值	秋茄叶*	扁浒苔**	鹧鸪菜**	鹧鸪菜***
干重热值/ $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$	19.307	14.810	13.867	14.194
去灰分热值/ $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$	21.807	17.679	18.537	18.518

注:* 引自林鹏等^[10]; ** 生长在秋茄板状根上; *** 生长在岩石面上.

5 小结

(1) 福建红树林区4种主要海藻的微量元素Fe, Mn含量较高.

(2) 4 种海藻总氨基酸含量高低为: 扁浒苔、混合卷枝藻、鹧鸪菜、节附链藻; 而必需氨基酸含量高低为: 混合卷枝藻、扁浒苔、鹧鸪菜、节附链藻。4 种海藻中甘氨酸、丝氨酸、谷氨酸、精氨酸含量均较高, 它们共占总氨基酸含量的 47.8%~58.9%, 说明了这 4 种氨基酸在红树林区海藻的氨基酸组分中占重要的地位。

(3) 海藻体内各种矿质元素含量与生境无直接的关系, 而海藻体内氨基酸来源和合成能力与基质有关。

参考文献:

- [1] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 62—282.
- [2] 日本作物分析法委员会. 栽培植物营养诊断分析测定法[M]. 邹邦基译. 1984. 358—376.
- [3] 姚南瑜. 藻类生理学[M]. 大连: 大连工学院出版社, 1987. 255—287.
- [4] M UNDA I M, G BENSEK F. The amino acid composition of some common marine algae from Iceland[J]. Bot Mar, 1976, 65: 85—92.
- [5] 范航清. 九龙江口秋茄凋落物分解过程中物质和能量的动态研究[D]. 厦门大学博士学位论文, 1990.
- [6] 王渊源. 常用海产植物性活饵料氨基酸的测定[J]. 海洋学报, 1984, 6(4): 505—511.
- [7] 苏永全, 肖景霖. 两种浮游甲壳动物必需氨基酸的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1987, 26(4): 503—508.
- [8] 卢昌义, 郑逢中, 林 鹏. 九龙江口秋茄红树林群落掉落量研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1988, 27(4): 459—463.
- [9] 林 鹏, 陈贞奋, 刘维刚. 福建红树林区大型藻类的生态学研究[J]. 植物学报, 1997, 39(2): 176—180.
- [10] 林 鹏, 范航清. 九龙江口秋茄叶热值月变化的初步研究[J]. 科学通报, 1989, 34(4): 298—300.

Nutrient composition of four algae in Fujian mangrove areas

LIU Wei-gang¹, LIN Yi-ming¹, CHEN Zhen-fen¹, LIN Peng¹

(1. Department of Biology, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The analysis of nutrient compositions for *Bostrychia mixta*, *Catenella impudica*, *Caloglossa leprieurii* and *Enteromorpha compressa* that grow in Fujian mangrove areas shows that concentration of Fe or Mn in these four algae is much higher than the mean concentration of Fe or Mn in common algae; concentration of Ca is lower than mean concentration of Ca in common algae; concentration of P, K, Mg is higher or lower than mean concentration of P, K, Mg in common algae. The range of concentration of total amino acids(TAA) among 4 algae is *Enteromorpha compressa*(DW)265.89 mg/g> *Bostrychia mixta*211.96 mg/g> *Caloglossa leprieurii* 189.53 mg/g> *Catenella impudica* 111.10 mg/g; the range of concentration of essential amino acids(EAA) is *Bostrychia mixta* 87.42mg/g > *Enteromorpha compressa* 82.92 mg/g> *Caloglossa leprieurii* 73.62 mg/g > *Catenella impudica* 34.41 mg/g. The TAA or EAA concentration in *Caloglossa leprieurii* growing on the buttress-like root surface of *Kandelia candel* is higher than that on rocky surface near the *Kandelia candel* forest in March and June, respectively. Concentrations of chemical elements in *Caloglossa leprieurii* growing in the different habitats change with March and June.

Key words: algae; nutrient composition; mangrove; Fujian