

福建九龙江口秋茄红树林鹧鸪菜几种营养元素含量的季节变化*

张瑜斌^{1,2} 林 鹏¹ 邓爱英^{1,2} 庄铁诚¹

(¹ 厦门大学生命科学学院 厦门 361005)

(² 汕头大学水生生物技术与环境资源保护研究所 汕头 515063)

摘要 研究了福建九龙江口秋茄 (*Kandelia candel*) 红树林潮间带的红藻鹧鸪菜 (*Caloglossa leprieurii*) 的氮、磷、钾、钠、钙与镁 6 种营养元素含量的季节变化。氮、磷、钾与钠均以春季含量最高;钙与镁分别以秋季和冬季最高。氮与磷含量冬季最低,钾含量秋季最低;钠、钙、镁均以夏季含量最低,6 种元素含量的季节变化模式不一致。营养元素含量的季节变化表明鹧鸪菜春季富集的营养物质较多,与春季有较高的生物量一致。营养元素含量的季节变化反映了鹧鸪菜的生长与环境因子的季节变化。鹧鸪菜的氮、磷含量高于土壤含量,并明显高于水体氮、磷含量,说明鹧鸪菜能强烈富集环境中的氮、磷,因此鹧鸪菜类的大型藻类的存在可能是红树林区赤潮极少发生的原因之一。

关键词 鹧鸪菜,营养元素,季节变化,红树林,九龙江口

中图分类号 Q949.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3096(2003)10-0046-05

海藻鹧鸪菜 (*Caloglossa leprieurii*) 属于红藻门 (Rhodophyta), 仙菜目 (Cerariales), 红叶藻科 (Declesseariaceae)。鹧鸪菜是热带、亚热带常见的大型红藻,在中国民间广泛用作驱虫药物^[1], Karsten 等报道红树林内的附生鹧鸪菜含有吸收紫外线的化合物^[2]。鉴于鹧鸪菜的经济利用价值,相关方面的研究较多,包括其光合作用^[3]、酶活性^[4,5]、系统发育^[6-8]、种群结构及差异^[9,10]等。近来,也有关于鹧鸪菜化学成分的研究报道^[11],但有关鹧鸪菜营养元素含量方面的研究报道极少。在福建九龙江口秋茄红树林的潮间带,鹧鸪菜是一种优势的大型红藻^[12],本文报道了该区域鹧鸪菜营养元素含量季节变化的研究结果,以期后续研究提供基础和依据。

1 材料和方法

1.1 样地概况

本研究的样地为秋茄 (*Kandelia candel*) 林,位于福建省九龙江口南岸的龙海市浮宫镇草埔头村 (图 1), 24°24' N, 117°23' E。该区域属南亚热带海岸气候,年平均气温为 21.1 °C,年降水量为 1 475.2 mm,最冷月 1 月份平均温度为 13.0 °C,气温年平均差 15.8 °C,相对湿度 79.5%,年日照时数为 2 040.5 h。秋茄

林沿九龙江口南岸呈带状分布,宽度约 40 m,主要位于中、高潮带。该群落为 1962 年人工营造的秋茄纯林,林缘有少量桐花树 (*Agicems comiculatum*) 和白骨壤 (*Aticennia mnina*) 伴生,林相整齐,郁闭度在 0.9 以上,树高 5.5~6 m,在大洪潮时,外缘树干基本被淹没,仅露出林冠,植株密度大,且枝下较高,林内具不发达的板状根,外缘有小型支柱根或板状根。

1.2 样品采集

藻样以红藻中的鹧鸪菜为材料。鹧鸪菜在我国从浙江至广东沿海都有分布,尤喜生长在河口附近的高、中潮带^[1]。在福建红树林区也是一类普遍存在的优势红藻,在本项研究的秋茄林内极为常见^[12]。

采集藻样时,于退潮后在靠外滩的红树林向海边缘选择生长茂盛的红藻区为采样地段,用镊子或小刀采集近泥面处红树基部的附生鹧鸪菜(注意去除树

* 国家自然科学基金资助项目 30270272 号。

第一作者:张瑜斌,出生于 1970 年,博士后,研究方向:海洋生态学与海洋微生物学。E-mail: yubin907@hotmail.com

收稿日期:2003-03-15;修回日期:2003-06-17

皮等杂物,尽量不沾泥),装入无菌的薄膜袋内混合均匀。采集的藻样立即带回实验室,80℃烘干研细,按实验要求过筛,供分析营养元素含量之用。另取少量于105℃烘干至恒质量,求含水量与干质量。藻样营养元素含量测定按一年四季取样,具体取样时间为:

秋季2000年10月6日,冬季2001年1月3日,春季2001年4月11日,夏季2001年7月9日。在采集藻样的同时,也按实验要求采集了秋茄林河口湾水样与林内的土壤间隙水水样^[13,14],立即带回实验室,用以分析测定氮、磷含量。

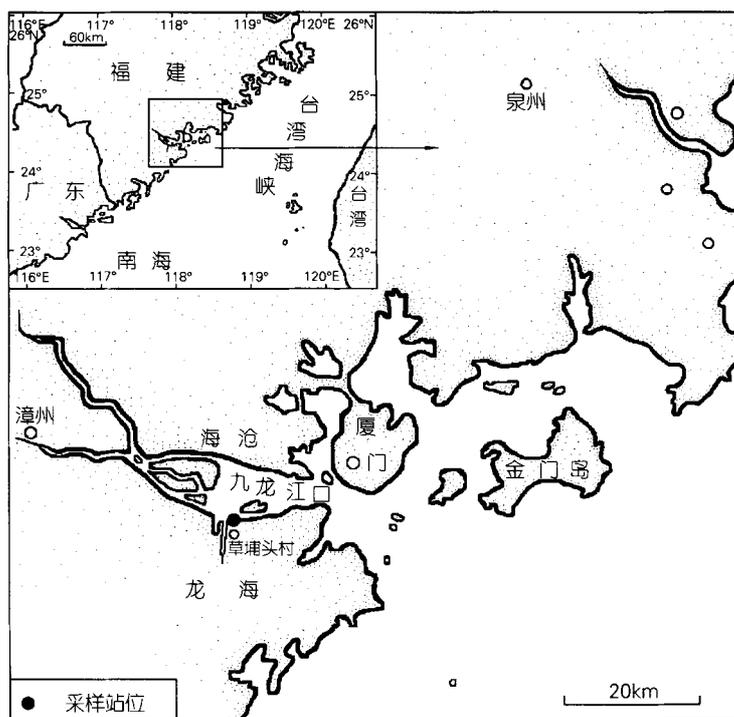


图1 采样站位的分布

Fig.1 A map of illustrating geographical position of sampling station

1.3 样品营养元素含量的测定

藻样氮、磷含量采用硫酸过氧化氢消化后,分别用钠氏试剂比色法和钼锑抗比色法测定;钾、钠、钙、镁含量采用湿灰化法灰化后,用原子吸收光谱法测定^[13,15]。

水样 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 含量测定分别采用纳氏比色法、紫外分光光度法、钼锑抗比色法^[13,14]。所有样品均两次重复测定,取平均值。

2 结果

鹧鸪菜藻体氮、磷、钾、钠、钙、镁6个营养元素的含量测定结果见表1。从该表可见,氮含量季节变化为春季>秋季>夏季>冬季,夏季与秋季比较接近,差异较小;磷含量以春季最高,冬季最低,夏、秋、冬三

季虽有差异,但差异极小;钾含量的季节变化为春季>冬季>夏季>秋季;钠含量的季节变化为春季>秋季>冬季>夏季;钙含量的季节变化为秋季>冬季>春季>夏季;镁含量以冬季最高,夏季最低,春、秋两季等值而位于中间。在6个元素的季节变化中,氮、磷、钾、钠均以春季含量最高;钠、钙和镁均以夏季含量最低。

3 讨论

上述鹧鸪菜的营养元素含量的季节变化反映了其一年四季鹧鸪菜的生长情况和环境因子的变化。在九龙江口,开阔潮间带的海藻生物量春季高于冬季^[16]。适宜的温度是影响藻类生物量的重要生态因子。秋茄林内鹧鸪菜初夏的生物量远较冬季的多,春、

表 1 鹧鸪菜的 6 种营养元素含量 (%)

Tab. 1 Concentration of six nutrient elements of algae-*Caloglossa leprieurii* samples (%)

季节	氮	磷	钾	钠	钙	镁
春	2.208	0.161	1.370	1.305	0.597	0.765
夏	2.134	0.153	1.115	0.665	0.580	0.704
秋	2.175	0.152	0.980	1.200	0.735	0.765
冬	1.663	0.150	1.205	1.160	0.648	0.779
平均值 ± 标准差	2.045 ± 0.256	0.154 ± 0.005	1.168 ± 0.164	1.083 ± 0.285	0.640 ± 0.070	0.753 ± 0.033
变异系数 (%)	12.54	3.14	14.02	26.33	10.88	4.45

夏之交是藻类种类生长和物质积累最多的季节^[12],所以主要养分元素氮、磷的含量与鹧鸪菜的生长和生物量的变化一致,生物量以春季最多,冬季最少;而氮、磷含量也均以春季最高,冬季最低,夏秋季差异不大。钠元素含量在春季含量高是因为春季鹧鸪菜的旺盛生长和物质积累所致,钠含量在夏季最低可能是由于此时受高温影响生长较差及海水中钠离子含量相对较低的原因,而冬季钠含量保持了较高的水平,可能与此时海水中钠含量相对较高有关。镁含量虽然一年四季变异系数较小,但一定程度上反映了日照强度和鹧鸪菜本身的生理状况变化。众所周知,镁是光合色素的成分,夏季日照强度大,光合色素需要量可能

要小,而冬季日照强度小,光合色素的需要量大,因此,镁含量相应表现为冬季高,夏季低,以调节光合作用的平衡。

在 6 个营养元素的季节变化中,以磷的变异系数最小,其次是镁。变异系数最大的是钠,接下来依次是钾、氮和钙。这种情况类似于该样地土壤中的状况^①。

鹧鸪菜中氮和磷平均含量分别为 2.045% 和 0.154% (表 1)。表 2 至表 4 是世界一些红树林区的氮、磷含量^[17]。对比可知,鹧鸪菜中的氮、磷含量不仅比红树林区水体的氮、磷含量高许多倍,而且也高于沉积物中的含量,鹧鸪菜中的氮、磷分别是土壤全氮、全磷的 16~25 倍和 2.57~2.85 倍,说明鹧鸪菜的

表 2 红树林潮沟与河口湾中可溶性氮、磷平均浓度 ($\mu\text{mol}/\text{dm}^3$) *

Tab. 2 Mean concentrations of dissolved nitrogen and phosphorus ($\mu\text{mol}/\text{dm}^3$) in mangrove creeks and estuaries

地点	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^{3-}	DON	DOP
马来西亚西海岸	1.5~24.7	0~13.8	1.9~17.9	20~50	0~0.8
澳大利亚 Hinchinbrooks 岛	0.1~0.65	0~0.22	0~0.45	2~8	0.1~0.6
印度 Kerala 河口湾	5.50~13.54	4.31~6.23	1.15~3.15	-	-
斐济的 Vatuwaga (未污染)	0.60	0.65	1.02	-	-
斐济的 Vatuwaga (污染)	50.94	36.58	13.39	-	-
福建九龙江口 (本文)	61.3~69.4	22.4~85.0	1.15~1.99	-	-

* 表中数据除本文外,均引自文献[17],表中 DON 与 DOP 分别为可溶性有机氮和可溶性有机磷,下同此。

表 3 红树林土壤间隙水可溶性氮、磷平均浓度 ($\mu\text{mol}/\text{dm}^3$)

Tab. 3 Mean concentrations of dissolved nitrogen and phosphorus ($\mu\text{mol}/\text{dm}^3$) in mangrove porewater

地点	深度 (cm)	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^{3-}	DON	DOP
澳大利亚 Hinchinbrooks 岛	0~100	0.5~120	<0.01~0.3	0.1~35.2	0~300	0.1~3.5
泰国的 Phuket	0~10	0~75	0.21	-	-	-
美国佛罗里达 Indian 河	-	1~23	<2	12~176	-	-
百慕大 Mangrove Bay,	0~14	<10~114	-	0.2~2.1	-	-
美国 Florida Bay	0~60	3~760	-	0.1~13	-	-
福建九龙江口 (本文)	0~60	204.2~216.9	10.7~31.8	1.40~1.49	-	-

① 张瑜斌: 九龙江口红树林土壤微生物及藻类异养固氮菌的某些生态学研究, 厦门大学博士学位论文, 2002

表 4 红树林沉积物全氮、磷的平均浓度(干质量分数, %)

Tab.4 Mean concentrations of total nitrogen and phosphorus in mangrove sediments (percentage of dry weight)

地点	深度(cm)	全氮	全磷
澳大利亚 Hinchinbrooks 岛	0~100	0.1~0.40	0.022~0.054
印度的 Sunderban	0~25	0.06~0.09	0.01~0.048
澳大利亚昆士兰河口湾	0~2	0.02~0.40	0.011~0.067
日本 Iriomote 岛	0~5	0.05~0.09	0.022~0.038
福建九龙江口(本文)	0~60	0.082~0.126	0.054~0.060

生长可能强烈地富集环境中氮、磷。海水(尤其是在河口海湾)中的氮、磷含量过高是众所周知的赤潮的诱发原因之一。在红树林区,红树植物生长得越高大,荫蔽性越好,大型藻类种类就越丰富,生物量就越多^[12],那么对环境中的氮、磷的吸收越多,这有利于降低红树林区水域中的氮、磷含量,从而可以减少赤潮发生的几率。因此,可以推测红树林区像鹧鸪菜一样的大型藻类的存在,可能是红树林区赤潮现象极少发生的原因之一。

参考文献

- 1 李伟新,朱仲嘉,刘凤贤.海藻学概论.上海:上海科技出版社,1982. 82-83
- 2 Kaisten U, Sawall T, West J A, et al. Ultraviolet sunscreen compounds in epiphytic red algae from mangroves. *Hydrobiologia*, 2000, 432: 159-171
- 3 Pena E J, Zingmark R, Netch C. Comparative photosynthesis of two species of intertidal epiphytic macroalgae on mangrove roots during submersion and emersion. *Journal of Phycology*, 1999, 35: 1 206-1 214
- 4 Kaisten U, Barrow K D, Nixdorf O, et al. Characterization of mannitol metabolism in the mangrove red alga *Caloglossa leprieurii* (Montagne). *J Agardh Planta*, 1997, 201: 173-178
- 5 Iwa moto K, Kawano be H, Shirai wa Y, et al. Purification and characterization of mannitol-phosphatase in the red alga *Caloglossa continua* (Ceramiaceae, Rhodophyta). *Marine Biotechnology*, 2001, 3: 493-500
- 6 Kamiya M, West J A, King R J, et al. Evolutionary divergence in the red algae *Caloglossa leprieurii* and *C. aponei-otica*. *Journal of Phycology*, 1998, 34: 361-370
- 7 Kamiya M, Tanaka J, King R J, et al. Reproductive and genetic distinction between broad and narrow entities of *Caloglossa continua* (Delesseriaceae, Rhodophyta).

- 8 Kamiya M, West J A, Zuccarello G C, et al. *Caloglossa intermedia*, sp nov (Rhodophyta) from the western Atlantic coast: Molecular and morphological analyses with special reference to *C. leprieurii* and *C. monosticha*. *Journal of Phycology*, 2000, 36: 411-420
- 9 Zuccarello G C, Bartlett J, Yeates P H. Differentiation of *Caloglossa leprieurii* (Rhodophyta) populations in northern and eastern Australia using plastid haplotypes. *European Journal of Phycology*, 2000, 35: 357-363
- 10 Zuccarello G C, Yeates P H, Wright J T, et al. Population structure and physiological differentiation of haplotypes of *Caloglossa leprieurii* (Rhodophyta) in a mangrove intertidal zone. *Journal of Phycology*, 2001, 37: 235-244
- 11 Xu X H, Su J Y, Zeng L M, et al. Studies on the constituent of alga *Caloglossa leprieurii*. *Chemical Journal of Chinese Universities*, 1998, 19: 249-251
- 12 林鹏,陈贞奋,刘维刚.福建红树林区大型藻类的生态学研究. *植物学报*, 1997, 39(2): 176-180
- 13 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析.上海:上海科学技术出版社.1978. 262-272
- 14 魏复盛主编.水和废水监测分析方法指南.北京:中国环境科学出版社,1990. 1-44, 133-194
- 15 劳家桎.土壤农化分析手册.北京:农业出版社,1988. 241-281, 640-657
- 16 陈贞奋,林均民,马俊享,等.九龙江口潮间带藻类分布调查. *台湾海峡*, 1982, 1(2): 91-98
- 17 Alongi D M, Boto K G, Robertson A I. Nitrogen and Phosphorus cycles. In: Robertson A I, Alongi D M (eds.). *Tropical Mangrove Ecosystem*, Washington D.C.: American Geophysical Union, 1992. 251-292

(下转第 78 页)

SEASONAL VARIATION OF SEVERAL NUTRIENT ELEMENTS OF RED ALGA *Caloglossa leprieurii* IN *Kandelia candel* FOREST IN JIULONGJIANG ESTUARY, FUJIAN OF CHINA

ZHANG Yu-Bin^{1,2} LIN Peng¹ DENG Ai-Ying^{1,2} ZHUANG Tie-Cheng¹

(¹ School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen, 361005)

(² Institute of Aquatic Biotechnology and Environmental Resource Protection, Shantou University, Shantou, 515063)

Received: Mar., 15, 2003

Key Words: *Caloglossa leprieurii*, Nutrient element, Seasonal variation, Mangrove, Jiulongjiang Estuary

Abstract

Seasonal variations of six nutrient elements of red alga *Caloglossa leprieurii* were investigated in *Kandelia candel* forest in Jiulongjiang Estuary, Fujian of China. The concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium and sodium were the highest in spring. However, those of calcium and magnesium was the highest in autumn and winter respectively. The concentrations of nitrogen and phosphorus were the lowest in winter and that of potassium was the lowest in autumn respectively. But the least concentration of sodium, calcium and magnesium were in summer. Seasonal patterns of concentrations of six nutrient elements were different one another. Seasonal variations of concentrations of six nutrient elements indicated that the red alga *C. leprieurii* enriched abundant nutrient matters in spring, which were identical with accumulating higher biomass in this season. At the same time, Seasonal variations of nutrient elements reflected seasonal changes of growth of the red alga *C. leprieurii* and its environmental factors. The concentrations of nitrogen and phosphorus were higher in samples of red alga *C. leprieurii* than in ones of soil and were much more higher than in ones of water, which manifested that the red alga *C. leprieurii* could greatly enrich nitrogen and phosphorus from environments. Therefore, it was preliminarily speculated from this investigation that the macroalgae such as *C. leprieurii* was one of the reasons why no red tide occurred in mangrove areas.

(本文编辑:张培新)