

文章编号:1000 - 0615(2002)01 - 0021 - 07

烟台四十里湾浅海养殖生物及附着生物的 化学组成、有机净生产量及其生态效应

周 毅, 杨红生, 刘石林, 何义朝, 张福绥

(中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室, 山东 青岛 266071)

摘要:对四十里湾养殖海区一些双壳贝类和藻类收获时的化学组成和有机净生产量进行了分析。不同双壳贝类软体有机碳含量差别不大,而 N 含量差异较大。栉孔扇贝软体 N 含量最高(12.36%),而牡蛎、毛蚶相对较低(8%~9%)。贻贝和菲律宾蛤仔贝壳 N 含量最高,分别为 0.55%和 0.56%;而栉孔扇贝贝壳则较低(0.1%),且贝壳 C、N、P 在扇贝 C、N、P 总含量中所占的比例分别为 6.2%、7.5%和 6.9%。海带和石莼元素组成说明海区营养元素 N 的不足。海带的不同部位 N 含量差别很大,且在不同海区有较大变化。贻贝贝壳 C、H、N 和 P 含量在整个贻贝中占有相对大的比例,分别为 30.4%、30.2%、31.8%和 29.6%;菲律宾蛤仔、长牡蛎和中国蛤蜊等贝类贝壳中这些元素的相对含量也较高;而扇贝贝壳却较低。四十里湾海区每年因贝类和藻类的养殖,海区将至少减少 850t N 和 78t P,其中贝壳的营养损失占据着相当比例。在海水交换受到一定限制、营养不很丰富的海区,养殖生物收获本身也会对海区的营养状况产生影响。根据贝壳 N、P 的含量,笔者认为在营养不很丰富的沿岸海区,贻贝、牡蛎最好不养或尽可能少养。

关键词:贝类;藻类;化学组成;有机净生产量;生态效应;烟台四十里湾

中图分类号:Q178.53 **文献标识码:**A

Chemical composition and net organic production of cultivated and fouling organisms in Sishili Bay and their ecological effects

ZHOU Yi, YANG Hong-sheng, LIU Shi-lin, HE Yi-zhao, ZHANG Fu-sui

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Chemical composition and net production of cultured bivalves and seaweed (the kelp *Laminaria japonica*), and fouling organism in the Sishili Bay, were determined. The investigated cultured bivalve species involved the scallop *Chlamys farreni*, the mussel *Mytilus edulis*, the oyster *Grassostrea gigas*, the clam *Ruditapes philippinarum* and *Macra chinensis*, and the Ark shell *Scapharca suberenata*. The investigated fouling animals involved the clam *Trapezium liratium*, the ascidian *Styela clava*, *Ciona intestinalis*, *Cnemidocarpa chinensis*, *Molgula manhattensis* and *Botrylloides violacens*, and the seaweed *Ulva pertusa*. Samples were collected from

收稿日期:2001-06-06

基金项目:国家重点基础研究规划项目(G1999012012);国家自然科学基金资助项目(30100139;30170742);中国科学院知识创新工程项目(K2CX2-403、2KCX2-211)

作者简介:周毅(1968-),男,山东即墨人,博士,副研究员,主要从事养殖生态学研究。Tel:0532-2879062-2401;E-mail:aquaeco@ms.qdio.ac.cn

通讯作者:杨红生(1964-),男,安徽霍丘人,博士,研究员,从事养殖学和养殖生态学研究。Tel:0532-2879062-2402;E-mail:hshyang@ms.qdio.ac.cn

different farming zones in the Sishili Bay in late May, 2000. All the investigated cultured bivalves and seaweed had reached commercial size. C content of soft tissue of bivalve species was similar, with the range 42.2 to 46.0 % of soft tissue dry weight; while N content was significantly different. The N content of the soft tissue of *C. farreni* was the highest (12.36 %), while that of *G. gigas* was much lower (8.19 %). Chemical composition of shells varied with different bivalves. N content of *M. edulis* and *R. philippinarum* shells was the highest, 0.55 % and 0.56 % dry weight respectively. C, H, N and P in mussel shells accounted for 30.4 %, 30.2 %, 31.8 % and 29.6 % of the total C, H, N and P respectively. In contrast, the shells of *C. farreni* contained only 0.1 % N, and C, N and P in the scallop shells accounted for only 6.2 %, 2.5 % and 6.9 % of the total C, H, N and P respectively. In different part of kelp, N content was also significantly different. The C/N atomic ratios in *L. japonica* and *U. fasciata* were relatively high, possibly suggesting deficient N origin. In different farming zones, the C/N ratios in the kelp were also different, indicating different nutrient conditions of the farming zones. In the Sishili Bay, about 850t N and 78t P were removed every year just through the harvest of the cultured bivalves and seaweed, and the lost of fouling organisms, indicating the effect of aquaculture on the ecosystem. Because a considerable amount of N and P was apportioned in mussel and oyster shells, it is suggested that large quantities of mussels and oysters should not be cultivated in oligotrophic coastal region.

Key words: bivalve; seaweed; chemical composition; net organic production; ecological effect; Sishili Bay

浅海贝类和大型藻类的筏式养殖通常依靠天然的营养物质生产高营养的食品。然而,在海水交换受到限制的沿岸海区,营养元素的数量和补充是有限的,养殖贝类和藻类净生产量越高,就意味着从海区中攫取的营养越多,而过多营养的掠取很可能造成海区营养的匮乏。

烟台四十里湾为耳状半封闭海湾,面积 13 000 hm²,系中国北方一个重要的浅海养殖海区,湾内主要养殖双壳贝类(扇贝、贻贝和牡蛎等)和海带。近些年来,随着养殖规模的扩大,养殖生物病害肆虐,损失惨重。在四十里湾养殖海区,双壳贝类通过大量的滤水、摄食、排泄、吸收、排粪等生理活动,对生态系统的能量流动、物质和营养循环产生影响^[1-3]。本文试图从海区贝类、藻类的生长状况以及它们的化学组成入手,分析养殖生物收获的本身可能对沿岸生态动力学构成的影响;同时也通过不同养殖海区养殖生物和附着生物的化学组成,了解海区的营养状况,为浅海养殖的可持续发展提供基础数据。

2 材料与方法

生物样品于 2000 年 5 月 25 - 28 日在烟台四十里湾不同海区采集(图 1),包括栉孔扇贝(*Chlamys farreni*)、紫贻贝(*Mytilus edulis*)、长牡蛎(*Grassostrea gigas*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、中国蛤蜊(*Macra chinensis*)、毛蚶(*Scapharca suberenata*)等经济贝类和养殖的海带(*Laminaria japonica*)以及污损生物纹斑蛤(*Trapezium liratum*)、柄海鞘(*Styela clava*)、玻璃海鞘(*Ciona intestinalis*)、豆海鞘(*Cnemidocarpa chinensis*)、曼哈顿皮海鞘(*Molgula manhattensis*)、紫拟菊海鞘(*Botrylloides violacens*)和石莼(*Ulva pertusa*)。以上经济贝类和海带都已经达到了养成规格。

样品带回实验室去掉表面污物后进行长

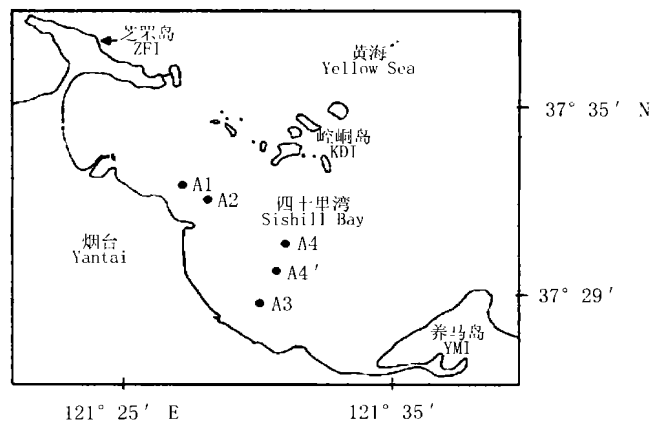


图 1 生物样品取样位置

Fig. 1 Stations where organisms were collected
ZFI, 芝罘岛 Zhifu Island; KDI, 崆峒岛 Kongdong Island;
YMI, 养马岛 Yangma Island

度或重量及湿重、壳高的测定。样品于 100 °C 蒸 10min, 将软体和贝壳分开。海带和石莼取回后, 则迅速用淡水冲洗, 称量湿重。样品于 60 °C 烘干, 称重。动物软体、贝壳和藻类粉碎至 100 目, 用 Perkin-Elmer (240C 型) CHN 元素分析仪测定 C、H、N 元素的含量。有机磷(OP)用改进的 Sol ózano 和 Sharp 法^[4]测定^[5]。贝壳有机质采用灰重法(450 °C, 4h)测定, 而贝壳有机碳(OC)通过有机质含量(OM)进行估算, 即 OC = OM × 40%; 另外, 也根据 H 含量进行估算。

3 结果

3.1 滤食性动物软体和贝壳的元素组成

双壳贝类肥满度大都在 10% 左右(表 1), 而小型双壳动物纹斑蛤却显著不同, 其贝壳非常薄, 以至于肥满度高达 52.7%。养殖海区 A2 与 A4 比较, 栉孔扇贝在组成上没有明显差别(表 2), 前者 C/N 比值为 4.14, 稍低于后者(4.35)。从软体的元素组成看, 各种双壳贝类的有机碳含量差别不大(42.21% ~ 45.98%), 而 N 含量差异较大, 栉孔扇贝 N 含量最高, 占软体干重的 12.36%; 贻贝、菲律宾蛤仔和中国蛤蚶次之; 而牡蛎、纹斑菱蛤和毛蚶 N 含量最低, 为 8% ~ 9%。污损生物海鞘类的 N 含量则明显低于双壳贝类, 范围为 4% ~ 8%。从两个不同海区的柄海鞘组成来看(表 2), 差异较大, 尤其是表现在 C/N 比值方面。各种生物 H/C 比值非常相似, 约 1.85。栉孔扇贝 C/N 比值最低, 蛋白质含量很高; 而牡蛎、纹斑菱蛤和毛蚶等贝类 C/N 比值最高。从贝壳 N 含量来看(表 3), 贻贝和菲律宾蛤仔最高, 分别为 0.55% 和 0.56%; 纹斑蛤次之; 而扇贝、牡蛎和毛蚶的贝壳 N 含量相对较低, 在 0.1% 左右。栉孔扇贝贝壳有机磷(OP)含量为 62.1×10^{-6} , 而贻贝贝壳却高得多, 为 308×10^{-6} 。

3.2 海带、石莼的元素组成

不同海区海带 C 含量差异较小(表 4), 而 N 含量差异较大, 从 1.14% (A3 海区)到 2.26% (A4 海区)。海带 C/N 比值范围大, 17.36 ~ 30.23 (平均 23.56, SD = 4.57), 这反映了海区营养状况的差异。海带 H/C 比值与动物软体类似。石莼的元素组成与海带相似, 其 N 含量平均 1.87%, C/N 比值平均 21.25。从海带不同部位的元素组成(表 5)来看, “边叶”、“中带部”(包括“茎”)和假根的元素有很大的差别。对同一海区的海带而言, N 含量的高低顺序为: 假根 > 中带部 > 边叶, 而 C 含量却与此相反, 这显然反映了蛋白质分布的不同。假根 H/C 比值低于中带部, 这说明假根含有较多的不饱和键。从 C/N 比值来看, 假根变化比较保守, 而中带部和边叶不同海区有较大变化, 即对环境营养状况比较敏感, 因而海带叶片中央部位(包括中间带和边叶)是进行环境分析的优选部位。

表 1 四十里湾滤食性动物的一些生物学参数

Tab. 1 Certain biological parameters of filter-feeders in Sishili Bay

动物名称 filter-feeders	站位 station	壳高 shell height (mm)	软体湿重 wet weight (g ind ⁻¹)	软体干重 dry weight (g ind ⁻¹)	壳干重 dry shell weight (g ind ⁻¹)	贝类肥满度 bivalve condition index (%)
<i>C. fareri</i>	A2	68.2 ±4.5	-	1.94	17.5	11.1
<i>M. edulis</i>	US	66.9 ±5.7	-	0.91	8.84	10.3
<i>G. gigas</i>	US	77.5 ±7.4	3.98	1.29	18.4	7.0
<i>T. liratun</i>	A1	10.1 ±3.3	0.0292	0.0067	0.0126	52.7
<i>M. chinensis</i>	US	33.5 ±2.5	3.89	1.13	5.41	20.8
<i>R. philippinarum</i>	US	30.1 ±1.7	1.90	0.58	6.33	9.2
<i>S. suberemata</i>	US	33.1 ±1.6	1.97	0.68	6.38	10.6
<i>S. clava</i>	A2	33.1 ±1.9	1.83	0.23	-	-
<i>C. intestinalis</i>	US	-	0.243	0.030	-	-

注: A1、A2 见图 1; US, 海区位置未定。

Notes: A1 and A2 showed in Fig. 1; US, uncertain station.

表 2 四十里湾滤食性动物软体的化学组成

Tab. 2 Chemical composition of some filter-feeders in Sishili Bay

动物名称 filter-feeder	站位 station	重量百分比 weight percentage (%)				原子比 atom ratio			
		C	H	N	P	C/N	H/C	C/P	N/P
<i>C. fareri</i>	A2	43.87	6.81	12.36	0.839	4.14	1.86	135	32.6
<i>C. fareri</i>	A4'	44.75	6.90	12.01	-	4.35	1.85	-	-
<i>M. edulis</i>	US	45.98	7.16	11.40	0.708	4.71	1.87	168	35.7
<i>G. gigas</i>	US	44.90	6.99	8.19	-	6.40	1.87	-	-
<i>T. liratum</i>	A1	44.24	7.60	8.98	-	5.75	2.06	-	-
<i>R. philippinarum</i>	US	42.84	6.76	10.76	-	4.64	1.89	-	-
<i>S. Suberenata</i>	US	45.86	7.37	8.71	-	6.14	1.93	-	-
<i>M. chinensis</i>	US	42.21	6.73	10.57	-	4.66	1.91	-	-
<i>S. clava</i>	A	220.52	3.22	4.41	-	5.43	1.88	-	-
<i>S. clava</i>	US	26.64	4.03	4.84	-	6.42	1.82	-	-
<i>C. intestinalis</i>	US	33.19	4.97	6.69	-	5.79	1.80	-	-
<i>C. chinensis</i>	A	219.50	3.18	4.88	-	4.66	1.96	-	-
<i>M. manhattensis</i>	US	44.46	3.51	4.15	-	12.50	0.95	-	-
<i>B. violacens</i>	US	35.28	5.19	7.79	-	5.28	1.77	-	-

表 3 四十里湾双壳贝类贝壳的化学组成

Tab. 3 Chemical composition of shells of some bivalves in Sishili Bay

贝壳 shell	站位 station	TC %	H %	N %	OP ($\times 10^{-6}$)	OC %
<i>C. fareri</i>	A2	11.44	0.05	0.09	62.1	0.58
<i>C. fareri</i>	A4'	11.47	0.05	0.10	-	0.65
<i>Argopecten iridians iridians</i>	US	11.59	0.05	0.06	-	0.39
<i>M. edulis</i>	US	12.68	0.32	0.55	308	3.57
<i>G. gigas</i>	US	11.52	0.10	0.12	-	0.78
<i>T. liratum</i>	A1	12.01	0.28	0.33	-	2.14
<i>R. philippinarum</i>	US	11.40	0.34	0.56	-	3.63
<i>S. Suberenata</i>	US	11.29	0.07	0.07	-	0.45
<i>C. chinensis</i>	US	11.52	0.17	0.19	-	1.23

注: TC, 总碳(包括无机碳); OC, 有机碳; OP, 有机磷; OC 根据 $OC = H/1.85 \times 12$ 来估算; 海湾扇贝于 1999 年 11 月份取样。

Notes: TC, total carbon; OC, organic carbon; OP, organic phosphorus; OC = $H/1.85 \times 12$; Bay scallop (*Argopecten iridians iridians*) was sampled in Nov. 1999.

表 4 四十里湾不同海区海带和石莼的化学组成

Tab. 4 Chemical composition of *Laminaria japonica* and *Ulva fasciata* in Sishili Bay

藻类 alga	站位 station	长度 length (m)	干重 dry weight ($g \text{ ind}^{-1}$)	C %	H %	N %	P %	C/N	H/C	H/N	N/P	C/P
<i>L. japonica</i>	A1	1.82	62.2	31.6	4.78	1.55	0.379	23.8	1.82	43.2	9.1	215
<i>L. japonica</i>	A2	2.25	-	30.3	4.84	1.56	-	22.9	1.92	43.8	-	-
<i>L. japonica</i>	A3	2.21	70.8	29.3	4.99	1.14	-	30.2	2.04	61.8	-	-
<i>L. japonica</i>	A4	5.35	120.8	33.5	3.79	2.26	-	17.4	1.39	23.3	-	-
	平均 Mean	2.91	84.6	31.2	4.60	1.63	-	23.6	1.79	43.0	-	-
	SD	1.42	25.8	1.6	0.48	0.40	-	4.6	0.24	13.6	-	-
<i>U. pertusa</i>	A4	0.20 \pm 0.04	-	33.3	5.22	2.29	0.392	16.9	1.88	31.9	12.9	219
<i>U. pertusa</i>	A3	0.18 \pm 0.03	-	30.1	4.71	2.23	-	15.7	1.88	29.6	-	-
<i>U. pertusa</i>	A2	0.22 \pm 0.05	-	28.8	4.87	1.08	-	31.1	2.03	63.1	-	-
	平均 Mean	-	-	30.7	4.93	1.87	-	21.2	1.93	41.5	-	-
	SD	-	-	1.9	0.21	0.56	-	7.0	0.07	15.3	-	-

表 5 四十里湾养殖海带不同部位的化学组成

Tab.5 Chemical composition of different parts of kelp in Sishili Bay

站位 station	部位 section	C %	H %	N %	C/N	H/C	H/N
A2	边叶 ledge	30.66	4.76	1.45	24.7	1.86	46.0
A3	边叶 ledge	29.97	5.28	1.06	33.0	2.11	69.7
A4	边叶 ledge	35.54	-	2.21	18.8	-	-
	平均 Mean	32.06	5.02	1.57	25.5	1.99	57.8
	SD	2.48	0.26	0.48	5.8	0.13	11.9
A2	中带部 Central	29.94	4.92	1.67	21.0	1.97	41.4
A3	中带部 Central	28.72	4.70	1.22	27.5	1.96	53.9
A4	中带部 Central	31.45	5.18	2.30	16.0	1.98	31.5
	平均 Mean	30.04	4.93	1.73	21.5	1.97	42.3
	SD	1.12	0.20	0.44	4.7	0.01	9.2
A2	假根 rhizoid	26.34	3.31	2.61	11.8	1.51	17.8
A4	假根 rhizoid	25.87	3.41	2.88	10.5	1.58	16.6
	平均 Mean	26.11	3.36	2.75	11.1	1.54	17.2
	SD	0.24	0.05	0.13	0.6	0.04	0.6

3.3 四十里湾经济贝类和藻类的有机净生产量

3.3.1 双壳贝类的生产量

表 6 列出四十里湾一些贝类软体和贝壳 C、H、N、P 四种元素的绝对含量以及贝壳中的有机元素在有机元素组成中所占的比例。不同的滤食性贝类,贝壳有机元素所占的比例有显著差别。规格为 1.94g/ind (软体干重)的栉孔扇贝,软体含 C 852mg,含 H 132mg, N 240mg, P 16.3mg;贝壳 C、N、P 在扇贝 C、N、P 总含量中所占的比例分别为 6.2%、7.5%和 6.9%。与栉孔扇贝不同,紫贻贝、长牡蛎、菲律宾蛤仔和中国蛤蚶等贝类,贝壳有机元素所占比例相当高,如紫贻贝壳 C、H、N 和 P 在整个贻贝个体中所占比例分别为 30.4%、30.2%、31.8%和 29.6%;菲律宾蛤仔与此类似。纹斑梭蛤尽管贝壳 N 含量相当高(0.33%),然而因贝壳偏轻,其有机元素在整个个体中所占比例也不高。

表 6 四十里湾双壳贝类有机元素的净产量及贝壳有机元素所占的比例

Tab.6 Net production(mg ind⁻¹) of organic elements of bivalves and percentage of shells in Sishili Bay

贝类名称 bivalve	软体 soft tissue (mg ind ⁻¹)				贝壳 shell (mg ind ⁻¹)				生产总量 total production (mg ind ⁻¹)				贝壳所占比例 shell percentage (%)			
	C	H	N	P	C	H	N	P	C	H	N	P	C	H	N	P
<i>C. fareri</i>	852	132	240	16.30	56.7	8.74	19.43	1.21	909	141	260	17.5	6.2	6.2	7.5	6.9
<i>M. edulis</i>	420	65.5	104	6.47	183	28.27	48.60	2.72	604	94	153	9.2	30.4	30.2	31.8	29.6
<i>G. gigas</i>	578	89.9	105	-	119	18.41	22.09	-	697	108	127	-	17.1	17.0	17.3	-
<i>T. liratun</i>	2.95	0.51	0.60	-	0.23	0.035	0.042	-	3.18	0.54	0.64	-	7.2	6.5	6.5	-
<i>R. philippinarum</i>	248	39.2	62.4	-	119	18.41	30.32	-	368	57.6	92.7	-	32.5	31.9	32.7	-
<i>S. Suberenata</i>	310	49.8	58.9	-	28.7	4.43	4.43	-	339	54.2	63.3	-	8.5	8.2	7.0	-
<i>C. chinensis</i>	476	75.8	119	-	70	10.85	12.13	-	546	86.7	131	-	12.9	12.5	9.2	-

四十里湾 1996 年扇贝和贻贝的养殖面积分别为 863hm²和 460hm²,养殖密度按每“公顷”2.1 × 10⁶ 粒计,那么在栉孔扇贝养殖期间(约 1 年半)将有 1 584t C、452t N、30.5t P 随着扇贝的收获而从海区移走(表 7),这其中尽管软体占据相当大的部分,而贝壳也有 98.8t C、33.9t N 和 2.10t P。贻贝一年即可达到商品规格。在四十里湾,贻贝养殖面积仅为扇贝的 53%,贻贝每年收获 583t C、148t N 和 8.88t P,这明显小于扇贝的收获量。但贻贝壳 C、N 和 P 每年的净生产量分别为 177、46.9 和 2.63t,却是扇贝壳的 1.5 倍以上。从表 7 可以看出,污损生物柄海鞘、玻璃海鞘 C、H、N 的生产量分别是养殖贝类总产量(这里仅考虑栉孔扇贝和贻贝)的 14.4%、14.3%、10.4%。

表7 四十里湾筏式养殖双壳贝类和污损生物有机元素的净生产量

Tab.7 Net organic production of bivalves and fouling organisms in raft culture areas in Sishili Bay

贝类名称 bivalve	软体生产量 soft tissue production (t)				贝壳生产量 shell production (t)				生产总量 total production (t)				贝壳所占比例 shell percentage (%)			
	C	H	N	P	C	H	N	P	C	H	N	P	C	H	N	P
<i>C. farreri</i>	1485	231	418	28.4	98.8	15.2	33.9	2.10	1584	246	452	30.5	6.2	6.2	7.5	6.9
<i>M. edulis</i>	406	63.2	101	6.25	177	27.3	46.9	2.63	583	91	148	8.88	30.4	30.2	31.8	29.6
*	1891	294	519	34.7	276	42.5	80.8	4.73	2167	336	600	39.4	12.7	12.6	13.5	12.0
<i>S. clava</i> 267	41.1	53.2														
<i>C. intestinalis</i>	46.2	6.92	9.32													
**	313	48.1	62.5													

注:栉孔扇贝和贻贝养殖面积以及每“公顷”养殖数量按1996年养殖情况计算; *表示栉孔扇贝与贻贝产量的总和;柄海鞘和玻璃海鞘的数量分别按每笼300个和200个计,单位软体干重分贝按0.6g、0.06g计(系1998年8月份调查结果); **表示柄海鞘和玻璃海鞘两者的总和。栉孔扇贝和贻贝有机元素的净生产量指收获时各种有机元素的产量。

Notes: The scallop and mussel culture area and culture density were estimated according to culture status in 1996; *, sum of scallop and mussel production; Density of the *S. clava* and *C. intestinalis* in the bay was estimated to be 300 and 200 ind per cage respectively; and their tissue weights were 0.6 and 0.06g/ind respectively (measured in Aug. 1998); **, sum of the *S. clava* and *C. intestinalis* production; The net production of an organic element in scallop and mussel is estimated according to the production of the element in the harvested scallop and mussel.

3.3.2 海带的净生产量

根据对四十里湾5月份的取样调查,海带干重(W ; g)与其长度(L ; m)呈幂函数关系: $W = 43.6 \cdot L^{0.608}$ ($R^2 = 0.96$)。表8列出养成规格海带的C、H、N和P等有机元素的绝对含量。四十里湾1996年海带养殖面积为247hm²(6000绳为1hm²),产量为3.25 × 10⁴kg · hm⁻²,海带收获(养殖时间7-8个月)时C、N、H和P的净产量分别为2503t、369t、130t和30.4t。尽管海带养殖面积仅为贝类的19.1%,然而其P净生产量却与贝类相当;海带的N净产量也较高,是贝类N产量的21.7%。

表8 四十里湾筏式养殖海带有机元素的净生产量

Tab.8 Net production of organic elements of kelps in raft culture areas in Sishili Bay

C	H	N	P
20.7	3.06	1.08	0.252
2503	369	130	30.4

注: , 每棵海带的净生产量(g); , 整个养殖海区的净生产量(t); 每棵海带按66.5g计; 整个海区净总产量按3.25 × 10⁴kg · hm⁻²计, 海带养殖面积按247hm²计。

Notes: , Net production of organic elements of kelp individual (g/ind); , Total net production of organic elements of kelps in the whole bay (t); Each kelp weighed ca. 66.5g; Kelp production of the whole bay was estimated to be 3.25 × 10⁴kg · hm⁻², with the kelp culture area 247hm².

4 讨论

不同动物其有机组成对环境的敏感程度亦不同。栉孔扇贝在营养状况不同的海区,其C、H、N元素组成没有显著变化,说明它不适合作为环境压力指标。这与Grant和Granford^[6]对其它扇贝的研究一致。而贻贝(*M. edulis*)软体的C/N比值却受饵料的影响较大^[7]。本研究观察到海鞘似乎也对海区营养状况比较敏感。藻类的元素组成直接反映了海水的营养状况。在底栖大型藻类中C、N、P三者原子比平均为550:30:1^[8]。从本调查来看,海带和石莼C/N比值在部分海区高达30,平均值也超过了20,这反映了海区N的不足,这与四十里湾海区溶解性营养盐和颗粒有机物的调查结果是一致的^[1,9]。N的不足容易使海带患白烂病。而这种病在四十里湾是经常存在的一种病。该海区1998年海带几乎绝产;近两年,海带的生长也比较差。本文认为营养元素N的不足很可能就是造成海带产量和质量不高的主要原因。而营养元素N的不足无疑是由高数量的海带和贝类养殖导致的结果。

通过对四十里湾双壳贝类(栉孔扇贝和贻贝)以及海带营养元素的净生产量的计算可以看出,每年因贝类收获海区中将减少600t N和39.4t P;每年因海带的收获,海区中将减少130t N和30.4t P。而且大量附着生物中的营养元素也将随着贝类的收获而从海水中消失,这部分N、P估计是贝类产量的20%以上。据此计算,每年因贝类和藻类的养殖以及附着生物的损失,四十里湾海区将至少减少850t N和

78t P。在海水交换受到一定限制、营养不很丰富的海区,这无疑会对海区的营养状况产生冲击。Kaspar 等^[10]也认为高数量的贻贝养殖本身可能导致新西兰海域无机氮的耗尽。

在贝类能量和营养元素的预算中经常忽略在贝壳中的分配^[11]。但不少研究说明贝壳可能代表每年贝类有机产量的相当比例^[10,12,13]。贝壳有机质主要由外套膜表皮细胞分泌的蛋白质和糖类物质组成,是贝壳形成过程中不可缺少的物质,决定着组成贝壳的主要成分——碳酸钙晶体的形成类型、形状、大小及沉积速率^[14]。化学分析表明,不同种类的双壳贝类或者不同环境同一种类的个体,其蛋白质含量亦有不小差别,最高近 100%,最低可为 70%^[13]。贝壳有机质不仅在贝壳中占有一定比例,而且在贻贝(*Aulacomya ater*、*M. edulis*)和牡蛎(*Ostrea edulis*)的总能量分配中占据相当大的比例^[15]。Jordan Valiela^[12]观察到罗纹贻贝(*Geukensia demissa*)贝壳 N 含量占整个贻贝 N 生产量的 29.7%。本文对 *M. edulis* 的研究与上述结果一致。和软体部分的化学组成一样,贝壳的有机组成也受环境条件的影响^[13]。

根据贝壳 N、P 的含量,笔者认为在营养不很丰富的沿岸海区,贻贝、牡蛎最好不养或尽可能少养。因为相当多 N、P 营养元素分配于贝壳;尽管贝壳可被加工为化肥,但毕竟这不是养殖的主要目的。与贻贝和牡蛎相比,扇贝贝壳中 N、P 分配却低了不少,对 N、P 的利用更为高效。

参考文献:

- [1] Zhou Y. Foundational studies on effects of raft culture of filter-feeding bivalves on coastal ecological environment. PH.D. Thesis, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2000. [周 毅. 滤食性筏式养殖对浅海生态环境影响的基础研究[D]. 中国科学院海洋所博士学位论文, 2000.]
- [2] Zhou Y, Yang H S, Zhang F S, et al. A study of biodeposition by *Chlamys farrieri* in culture sea of Sishili Bay[A]. Transactions of the Chinese society of malacology, No. 9[C]. Beijing: China Ocean Press 2001. [周 毅, 杨红生, 张福绥, 等. 四十里湾栉孔扇贝生物沉积的模式测定[A]. 贝类学论文集 [C]. 北京: 海洋出版社, 2001.]
- [3] Yang H, Zhang T, Wang J, et al. Growth characteristics of *Chlamys farrieri* and its relation with environmental factors in intensive suspended-culture areas of Sishiliwan Bay, Yantai[J]. J Shellfish Res, 1999, 18: 71 - 76.
- [4] Sol ózano L, Sharp J H. Determination of total dissolved phosphorus and particulate phosphorus determination in natural waters[J]. Limnol Oceanogr, 1980, 25: 754 - 758.
- [5] Zhou Y, Zhang F S, Ma X N, et al. A comparison of efficiency of different auxiliaries used in phosphorus determination by ignition method with Na₄P₂O₇ as standard phosphorus[J]. Acta Oceanol Sin, 2001, 23(5): 98 - 104. [周 毅, 张福绥, 马锡年, 等. 灰化法磷测定中灰化助剂的作用: 以焦磷酸钠作为磷标样[J]. 海洋学报, 2001, 23(5): 98 - 104.]
- [6] Grant J, Granford P J. Carbon & nitrogen scope for growth as a function as diet in the sea scallop *Placopecten magellanicus*[J]. J Mar Biol Ass U K, 1991, 71: 437 - 450.
- [7] Hawkins A J S, Bayne B L. Seasonal variation in the relative utilization of carbon and nitrogen by the mussel *Mytilus edulis*: budgets, conversion efficiencies and maintenance requirements[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1985, 25: 181 - 188.
- [8] Atkinson M, Smith, S V. C N P ratios of benthic marine plants. Limnology and Oceanography, 1983, 28, 568 - 574.
- [9] Zhao W S, Jiao N Z, Zhao Z X. Forms of nitrogen in the Yantai Sishili Bay cultivated water[J]. Oceanol et Limnol Sin, 2000, 31(1): 53 - 59. [赵卫红, 焦念志, 赵增霞. 四十里湾养殖水域氮的存在形态的研究[J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(1): 53 - 59.]
- [10] Kaspar H F, Gillespie P A, Boyer I C, et al. Effects of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kenepru Sounds, New Zealand[J]. Mar Biol, 1985, 85: 127 - 136.
- [11] MacDonald B A. Production and resource partitioning in the giant scallop *Placopecten magellanicus* grown on the bottom and in suspended culture [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1986, 34: 79 - 86.
- [12] Jordan T E, Valiela I. A nitrogen budget of the ribbed mussel, *Geukensia demissa* and its significance in nitrogen flow in New England salt marsh [J]. Limnol Oceanogr, 1982, 27: 75 - 90.
- [13] Gouletquer P, Wolowicz. The shell of *Cardium edule*, *Cardium glaucum* and *Ruditapes philippinarum*: organic content, composition and energy value, as determined by diferent methods[J]. J Mar Bio Ass U K, 1989, 69: 563 - 572.
- [14] Falmi G, Albech S, Weiner S. Control of aragonite or calcite polymorphism by mollusk shell macromolecules[J]. Science, 1996, 271: 67 - 69.
- [15] Griffiths C L, King J A. Some relationships between size, food availability and energy in the ribbed mussel *Aulacomya ater*[J]. Mar Biol, 1979, 51: 141 - 149.