

中国近海海藻养殖及碳汇强度估算

权伟¹, 应苗苗^{1*}, 康华靖¹, 许曹鲁²,
周庆滢², 梁文杰¹, 林振士², 蔡景波³

(1. 温州科技职业学院, 温州碳汇研究院, 浙江 温州 325006;

2. 洞头县水产科技推广站, 浙江 洞头 325700;

3. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005)

摘要: 海藻养殖是渔业碳汇的重要形式, 碳汇生态功能显著。本实验以1999—2012年《中国渔业统计年鉴》统计数据为基础, 对中国及浙江近海藻类养殖的产量、结构进行了分析, 并对其固碳强度进行了估算。中国近海藻类养殖以海带、裙带菜、紫菜、江蓠等为主, 期间年均总产量为141.87万t, 各类海藻养殖产量所占比例分别为海带(60.29%)、裙带菜(7.92%)、紫菜(5.67%)、江蓠(5.39%)。浙江近海藻类养殖以紫菜、海带、羊栖菜、苔菜等为主, 各类海藻养殖产量所占比例分别为紫菜(51.83%)、海带(27.73%)、羊栖菜(12.72%)、苔菜(1.27%)。浙江近海藻类养殖总产量占全国总产量的份额不高(2.55%), 但养殖结构独特, 部分种类的海藻养殖产量在全国同种类海藻养殖量中占有较高份额, 其中苔菜占83.00%, 羊栖菜占68.29%, 紫菜占23.53%。1999—2012年, 全国海藻年均固碳量为41.85万t/a, 固碳量在2012年最高达51.50万t, 整体呈现上升趋势。其中, 海带年均固碳量在各类海藻中最高达26.45万t/a, 其次是裙带菜3.23万t/a、紫菜2.24万t/a、江蓠2.01万t/a。浙江近海藻类养殖年均固碳量为1.03万t/a, 约占全国年均固碳量的2.47%。为满足低碳经济发展的需求, 建议加强近海自然碳汇及其环境的保护和管理, 大力发展以海水养殖为主体的碳汇渔业, 开展碳汇渔业关键技术与产业示范工程研究及海洋生物碳汇功能与碳汇渔业潜力的基础科学研究。

关键词: 海藻养殖; 养殖产量; 养殖结构; 碳汇强度

中图分类号: S 931.3

文献标志码: A

海洋在吸收CO₂方面发挥着重要作用, 有效延缓了温室气体排放对全球气候的影响。海藻在进行光合作用过程中, 直接吸收海水中的CO₂, 有利于大气中的CO₂向海水中扩散, 相当于间接减少了大气中的CO₂, 被称为最具潜力的“生物净化器”。近海养殖收获的海藻主要用于人类食用、化工原料或作为渔业养殖的饲料等, 不论收获的海藻去向如何, 均相当于从海水水体中移出了大量的碳, 有助于大气中CO₂向水体的转移。

目前, 人工大规模养殖的藻类已成为浅海生态系统的重要初级生产者。中国藻类养殖产业起

步于20世纪50年代, 经过60年的发展, 中国的藻类产量现已位居世界第一。经FAO统计, 中国藻类产业对全球的贡献率约为72%, 中国人工养殖的藻类每年大约能从海水中移出33万t碳, 藻类养殖是对海洋增加碳汇有多重价值的重要措施^[1]。

通过渔业生产活动促进水生生物吸收水中的CO₂, 具有直接或间接降低大气CO₂浓度效果的渔业生产活动被称为碳汇渔业^[2]。目前, 在海水养殖中, 浅海贝、藻类养殖活动直接或间接地使用了大量的海洋碳, 在碳汇渔业中占主导地位^[3-4]。

收稿日期:2013-12-16 修回日期:2014-01-20

资助项目:2012年浙江省海洋与渔业局海洋环保项目(浙海渔计[2012]100号);2012年温州市科技计划(S20120013);2013年温州科技职业学院重大科研培育项目(温科职院[2013]58号);2012年洞头县科技计划(N2012Y37A)

通信作者:应苗苗, E-mail: mmying0120@163.com

渔业的碳汇作用主要通过藻类养殖、贝类养殖、增殖放流以及捕捞业等方式来实现,贝藻类作为“碳汇渔业”的主要载体,这与其在固定碳元素方面的高效性是分不开的^[5]。

浙江省拥有超过 2 600 万 hm^2 的海域,大陆岸线和海岛岸线长达 6 633 km,拥有杭州湾、象山湾、三门湾、乐清湾、台州湾、隘顽湾、温州湾和椒江口八大港湾,海洋资源十分丰富。浙江的海域环境造就了其独特的区位、生态、多样性特征的海藻产业结构^[6]。

因此,本实验根据《中国渔业统计年鉴》统计数据^[7-20],主要分析了全国及浙江近十余年海藻养殖产量、结构及其年际变化情况,核算了近海海藻养殖碳汇强度,有助于认清浙江省海藻养殖在我国海藻养殖业中的地位及份额,为今后制定碳排放与增汇环境政策,充分发挥渔业生产的碳汇作用,实现生态环境全面改善及经济社会可持续发展、积极应对全球气候变化等具有现实指导意义。

1 近海海藻养殖产量

1.1 全国近海海藻养殖产量

1999 年至 2012 年间中国近海养殖海藻总产量整体呈上升趋势(图 1),1999 年总产量最低 117.28 万 t,2012 年总产量最高 176.47 万 t,期间年均总产量约为 141.87 万 t。

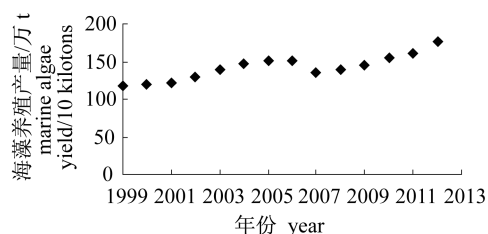


图 1 全国 1999—2012 年近海养殖海藻总产量变化趋势
Fig. 1 The changing tendency of China's algal cultivation production from 1999 to 2012

1.2 浙江近海海藻养殖产量

1999 年至 2012 年间浙江近海养殖海藻总产量整体呈上升趋势(图 2),1999 年总产量最低 2.45 万 t,2012 年总产量最高 4.69 万 t,期间年均总产量约为 3.64 万 t。

1.3 浙江近海海藻养殖总产量占全国总产量份额

从浙江近海海藻养殖总产量占全国总产量的

百分比(图 3)来看,1999 年至 2012 年间浙江近海海藻养殖产量占全国总产量的份额不高,1999 年所占份额最低为 2.09%,2007 年所占份额最高为 2.98%,期间年均所占份额约为 2.55%。

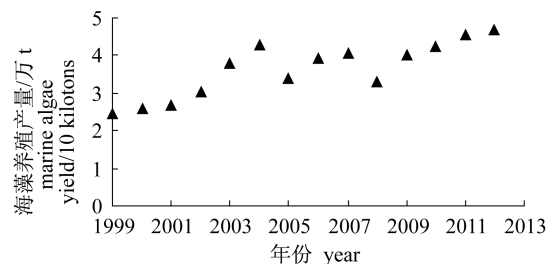


图 2 浙江近海养殖海藻总产量
Fig. 2 The changing tendency of Zhejiang's algal cultivation production from 1999 to 2012

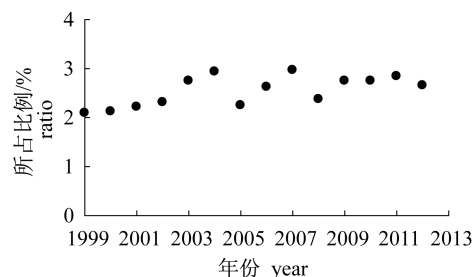


图 3 浙江海藻养殖总产量占全国总产量的百分比
Fig. 3 Zhejiang algal cultivation production as a percentage of total national production

2 近海海藻养殖结构

2.1 全国近海海藻养殖结构

中国是一个海水养殖发达的国家,养殖面积和产量居世界首位^[1]。中国近海海藻养殖以海带 (*Laminaria japonica*)、裙带菜 (*Undaria pinnatifida*)、紫菜 (*Porphyra* sp.)、江蓠 (*Gracilaria*) 等为主,1999—2012 年各类海藻养殖产量占养殖总量的年均比例分别为海带 (60.29%)、裙带菜 (7.92%)、紫菜 (5.67%)、江蓠 (5.39%) (图 4)。

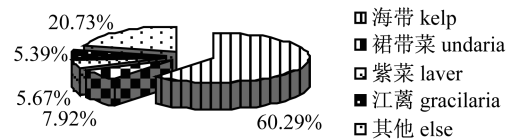


图 4 全国各种海藻产量占总产量百分数
Fig. 4 The different algae production accounts as a percentage of total output in China

2.2 浙江近海海藻养殖结构

浙江的海域环境造就了其独特的区位、生态、多样性特征的海藻产业结构,海藻种类兼有南北品种^[6]。浙江近海海藻养殖以紫菜、海带、羊栖菜(*Sargassum fusiforme*)、苔菜(*Enteromorpha prolifera*)等为主,1999—2012年各类海藻养殖产量占养殖总量的年均比例分别约为紫菜(51.83%)、海带(27.73%)、羊栖菜(12.72%)、苔菜(1.27%) (图5)。

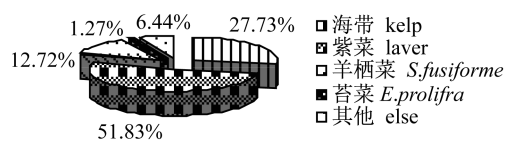


图5 浙江各种海藻产量占总产量百分数

Fig.5 The different algae production accounts as a percentage of total output in Zhejiang

2.3 浙江近海养殖主要海藻种类产量占全国同种海藻产量份额

浙江近海海藻养殖总产量占全国总产量的份额不高,但浙江独特的养殖结构,造就了浙江部分种类的海藻养殖产量在全国同种类海藻养殖量中占有较

高份额,其中苔菜占83.00%,羊栖菜占68.29%,紫菜占23.53%,海带所占份额较低1.14%。

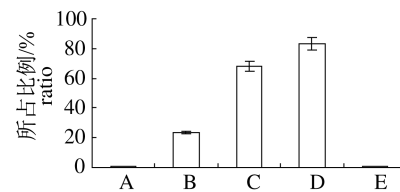


图6 浙江各种海藻产量占全国产量百分数

A. 海带; B. 紫菜; C. 羊栖菜; D. 苔菜; E. 其他

Fig.6 The percentage of different algae production of Zhejiang in China

A. kelp; B. laver; C. *S. fusiforme*; D. *E. prolifera*; E. else

3 近海海藻养殖碳汇量

根据《中国渔业统计年鉴》所统计的中国人工大型经济海藻的养殖量^[7-20],利用海带干重中碳的平均含量31.2%^[21],江蓠中C的质量分数为20.6%~28.4%^[22],取为24.5%^[23],其他种类海藻(紫菜等)则采用多种海藻C含量的平均值为27.39%^[1],估算中国及浙江近海经济海藻的固碳量。

表1 近海养殖海藻碳汇强度(万t)

Tab.1 Carbon sink capacity of cultured algae in marginal seas

参数 parameter	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	年平均 annual average
中国海藻 固碳量 marine algae carbon sink capacity of China	海带 kelp 30.55	28.34	27.57	25.83	24.89	24.19	26.43	26.92	25.00	25.55	26.26	24.89	25.91	27.92	26.45
	裙带菜 undaria 4.80	3.68	2.99	3.63	3.62	3.84	5.43	6.56	6.02	4.73	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23
	紫菜 laver 3.08	2.81	2.94	2.94	2.23	2.48	2.52	2.20	2.22	1.99	1.84	1.60	1.32	1.13	2.24
	江蓠 gracilaria 4.82	3.71	2.81	3.07	2.80	2.44	2.59	2.41	2.18	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00	2.01
	其他 else 8.26	8.36	8.95	7.21	7.13	6.85	7.11	6.30	7.58	7.37	10.77	9.82	8.85	6.49	7.93
	总量 total 51.50	46.90	45.25	42.69	40.67	39.80	44.08	44.40	42.99	40.88	38.86	36.31	36.07	35.53	41.85
浙江海藻 固碳量 marine algae carbon sink capacity of Zhejiang	海带 kelp 0.68	0.61	0.63	0.57	0.51	0.53	0.58	0.48	0.64	0.67	0.53	0.42	0.29	0.19	0.52
	紫菜 laver 0.36	0.35	0.32	0.38	0.17	0.21	0.27	0.30	0.30	0.26	0.26	0.30	0.36	0.36	0.30
	羊栖菜 <i>S.fusiforme</i> 0.23	0.25	0.16	0.17	0.20	0.26	0.22	0.15	0.22	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
	苔菜 <i>E.prolifera</i> 0.024	0.025	0.022	0.020	0.026	0.023	0.026	0.016	0.008	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
	其他 else 0.038	0.057	0.072	0.010	0.010	0.104	0.017	0.031	0.047	0.025	0.064	0.055	0.100	0.164	0.057
	总量 total 1.33	1.29	1.20	1.15	0.92	1.13	1.11	0.97	1.21	1.07	0.86	0.77	0.75	0.72	1.03

1999—2012年,全国海藻年均固碳量为41.85万t/a,固碳量在1999年最低35.53万t,2012年最高51.50万t,整体呈现上升趋势。其中,海带年均固碳量在各类海藻中最高达26.45万t/a,其次是裙带菜3.23万t/a、紫菜2.24万t/

a、江蓠2.01万t/a。

浙江海藻年均固碳量为1.03万t/a,约占全国年均固碳量的2.47%,1999年固碳量最低0.72万t,2012年固碳量最高1.33万t,期间整体也呈现上升趋势。紫菜年均固碳量在各类海藻中

最高达 0.52 万 t/a,其次是海带 0.30 万 t/a、羊栖菜 0.14 万 t/a、苔菜 0.014 万 t/a。

4 讨论

4.1 近海海藻养殖产量与结构分析

随着全国海藻产业的发展,紫菜栽培与加工已成为浙江海藻的主导产业,海带南移及混水区栽培已在浙江获得成功。改革开放以来,浙江羊栖菜产品的出口带动了浙江羊栖菜产业的发展及我国羊栖菜的研究^[6]。

据 2012 年渔业统计年鉴显示,全国 7 个省份有海藻养殖,浙江省产量排第五位,占全国海藻总产量的 2.5%,与福建、山东、辽宁、广东相比产量均较低。但浙江部分种类的海藻养殖产量在全国同种类海藻养殖量中占有较高份额,其中苔菜占 83.0%,羊栖菜占 68.3%,紫菜占 23.5%,浙江应大力发展其优势海藻,提高养殖产量。

浙江省是全国经济强省,沿海火力发电厂装机容量超过 3 500 万 kW,年排放 CO₂ 约 2 亿 t,浙江低碳减排任务艰巨,而大力发展海藻养殖能够发挥其重要的生态效益^[6]。随着全国推进生态文明建设和加快发展方式转变的呼声日益高涨,发展低碳渔业经济也应成为浙江省低碳战略的重要导向之一。

4.2 近海海藻养殖碳汇强度分析

许多学者在通过研究不同海水养殖藻类产量及其碳比重来间接评估其固碳能力方面已经做了有益的尝试。Whittaker 等^[24]的估算结果显示,大洋区净初级生产力平均值约为 125 gC/(m²·a),大陆架区为 360 gC/(m²·a),而河口及海藻区可达 2 500 gC/(m²·a)。Alpert 等^[25]曾对陆架区大型藻类的固碳潜力进行了预测,认为在 300 \$/(tC·a) 的养殖成本保障下全球陆架区大型藻类的固碳潜力可达 0.7 GtC/a,这一量值相当于全球海洋年均净固碳量 [(2.0 ± 0.8) GtC/a] 总量的 35% 左右。毛兴华等^[26]估算出黄海近岸的桑沟湾石莼、海带等大型藻类的年碳生产量可达 0.97 万 t,占整个海湾总初级生产量的 37%,从每平方米的年碳产量来看,大型藻类为浮游植物的 7.5 倍。

齐占会等^[27]对广东省 2009 年海水养殖的江蓠、紫菜和海带等 3 种大型藻类的碳汇能力进行了评估,通过收获可以从海水中移出碳 0.16 万 t,

浙江省 2009 年海水养殖的紫菜、海带、羊栖菜等海藻固碳量达 1.15 万 t,约是广东省海藻养殖固碳量的 7 倍。张继红等^[1]计算得出我国人工养殖的海藻每年大约能从海水中移出 33 万 t 的碳,本实验核算出 1999—2012 年间全国海藻固碳量为 41.85 万 t/a,比其结论稍高。宋金明等^[3]认为我国海水养殖藻类养殖产量换算为固碳量为 36 ~ 45 万 t,并预测到 2010 年,我国海水养殖藻类养殖的固碳量可达 57 万 t/a,随着我国海藻产业的发展,本实验核算出 2010 年固碳量仅为 45.25 万 t,比其预测值稍低。上述差异主要是由于不同学者选取了不同年份的海藻养殖产量数据,同时部分海藻体内碳含量取值不同导致的。

虽然浙江省拥有绵长的海岸线,但是海藻养殖产量不高,在固碳和提高海域碳增汇能力等方面有巨大潜力。

4.3 碳汇渔业发展对策

加强近海自然碳汇及其环境的保护和管理

开展海藻移植和种植仍然是恢复和扩增海洋蓝色碳汇的重要手段之一;海藻床是许多海洋生物重要栖息地和产卵场,在海洋生态系统中发挥着重要作用。同时,海洋生物在海藻(草)床周围的聚集,又为海藻提供了丰富的营养,为其自然生长和繁殖提供了有利条件。因此,建设人工海藻床对于海洋生态系统服务功能的全面恢复和扩增蓝色碳汇十分必要。

人们越来越多地认识到恢复自然生态系统的重要性,因为这是延缓气候变化、保证生态系统服务功能长期不变的主要手段。把生态系统水平的管理作为核心思想,把恢复蓝色碳汇与恢复生态系统的服务功能结合起来,加强海洋生态环境的保护和管理,保证其可持续开发利用。

大力发展以海水养殖为主体的碳汇渔业

中国的海水养殖是以贝藻为主的碳汇型渔业,不但在提供水产品、保障食品安全方面具有重要作用,而且在改善水域生态环境、缓解全球温室效应等方面具有重要作用,其经济、生态和社会功能非常显著。为此,需从战略高度规划和支持海水养殖业的发展,大力发展环境友好型的多营养层次生态养殖、建设海洋牧场、扩大增殖放流,以扩大海洋渔业碳汇的储量,充分发挥其综合功能。

多营养层次生态综合养殖技术是生态系统水平水产养殖模式的具体体现。应在充分研究养殖

系统内部物质和能量流动机制的基础上,不断完善多元综合养殖技术,从而提高海水养殖的单产,增加蓝色碳汇的密度和效率。另外,还需要发展和研究大型海水贝藻的深海养殖技术,积极开展水生生物增殖放流,推进海洋牧场建设,拓展碳汇渔业的发展空间,从而有效扩增渔业碳汇。

加强海洋生物碳汇功能与碳汇渔业潜力的基础科学研究 虽然《京都议定书》和《马拉喀什协定》对贝藻类养殖固定的碳并没有明确的界定,但占世界藻类年产量 70% 以上的中国藻类养殖,为保障中国的食品安全、减少 CO₂ 排放、净化水质、缓解水域富营养化等做出了巨大的贡献。我们应当继续保持这种世界领先的势头,在大力发展多营养层次生态综合养殖和深水增养殖等高效碳汇渔业技术的同时,对其做系统而深入的研究。

为了减少生物碳汇量估算的不确定性,科学规范地评价中国碳汇渔业的总量和潜力,并以碳汇渔业为指针引导海洋渔业和海水养殖产业的发展,应从生态学和生物地球化学循环的双重角度加强海洋生物碳汇功能与增汇途径的基础研究和实验研究,强化海洋生物碳汇的现状和潜力评估。

参考文献:

- [1] Zhang J H, Fang J G, Tang Q S. The contribution of shellfish and seaweed mariculture in China to the carbon cycle of coastal ecosystem [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2005, 20(3): 359 - 365. [张继红, 方建光, 唐启升. 中国浅海贝藻养殖对海洋碳循环的贡献. *地球科学进展*, 2005, 20(3): 359 - 365.]
- [2] Tang Q S. Carbon sink fishery and develop modern fishery good and fast [J]. *Jiangxi Fishery Science and Technology*, 2011(2): 5 - 7. [唐启升. 碳汇渔业与又好又快发展现代渔业. *江西水产科技*, 2011(2): 5 - 7.]
- [3] Song J M, Li X G, Yuan H M, *et al.* Carbon fixed by phytoplankton and cultured algae in China coastal seas [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 551 - 558. [宋金明, 李学刚, 袁华茂, 等. 中国近海生物固碳强度与潜力. *生态学报*, 2008, 28(2): 551 - 558.]
- [4] Song J M. Carbon cycling processes and carbon fixed by organisms in China marginal seas [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(3): 703 - 711. [宋金明. 中国近海生态系统碳循环与生物固碳. *中国水产科学*, 2011, 18(3): 703 - 711.]
- [5] Yu B C, Liang J. Preliminary study on carbon sink function of shellfish and algae and its development mode in the construction of marine ranching [J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 2012, 34(4): 339 - 343. [虞宝存, 梁君. 贝藻类碳汇功能及其在海洋牧场建设中的应用模式初探. *福建水产*, 2012, 34(4): 339 - 343.]
- [6] Yan X J, Luo Q J, Yang R. Scan of development and research for seaweed industry in Zhejiang Province [M]. Beijing: China Ocean Press, 2011. [严小军, 骆其君, 杨锐. 浙江海藻产业发展与研究纵览. 北京: 海洋出版社, 2011.]
- [7] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. [农业部渔业局. 2000 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2000.]
- [8] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001. [农业部渔业局. 2001 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2001.]
- [9] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002. [农业部渔业局. 2002 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2002.]
- [10] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003. [农业部渔业局. 2003 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2003.]
- [11] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004. [农业部渔业局. 2004 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2004.]
- [12] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005. [农业部渔业局. 2005 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2005.]
- [13] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006. [农业部渔业局. 2006 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2006.]
- [14] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007. [农业部渔业局. 2007 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2007.]
- [15] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008. [农业部渔业局. 2008 中国

- 渔业统计年鉴.北京:中国农业出版社,2008.]
- [16] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press,2009. [农业部渔业局. 2009 中国渔业统计年鉴.北京:中国农业出版社,2009.]
- [17] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press,2010. [农业部渔业局. 2010 中国渔业统计年鉴.北京:中国农业出版社,2010.]
- [18] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press,2011. [农业部渔业局. 2011 中国渔业统计年鉴.北京:中国农业出版社,2011.]
- [19] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press,2012. [农业部渔业局. 2012 中国渔业统计年鉴.北京:中国农业出版社,2012.]
- [20] Fishery Bureau in Ministry of Agriculture. Chinese fishery statistical almanac [M]. Beijing: China Agriculture Press,2013. [农业部渔业局. 2013 中国渔业统计年鉴.北京:中国农业出版社,2013.]
- [21] Zhou Y, Yang H S, Liu S, *et al.* Chemical composition and net organic production of cultivated and fouling organisms in Sishili Bay and their ecological effects[J]. Journal of Fisheries of China, 2002,26(1):21-27. [周毅,杨红生,刘石林,等. 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. 水产学报,2002,26(1):21-27.]
- [22] Lapointe B E, Littler M M, Littler D S. Nutrient availability to marine macroalgae in siliciclastic versus carbonate-rich coastal waters [J]. Estuaries, 1992,15(1):75-82.
- [23] Yan L W, Huang H J, Chen J T, *et al.* Estimation of carbon sink capacity of algal mariculture in the coastal areas of China [J]. Advances in Marine Science,2011,29(4):537-545. [严立文,黄海军,陈纪涛,等. 中国近海藻类养殖的碳汇强度估算. 海洋科学进展,2011,29(4):537-545.]
- [24] Whittaker R H. Communities and Ecosystems [M]. New York:Macmillan Publishing Company,1975.
- [25] Alpert S B, Spencer D F, Hidy G. Biospheric options for mitigating atmospheric carbon dioxide levels[J]. Energy conversion and Management, 1992,33(5-8):729-736.
- [26] Mao X H, Zhu M Y, Yang X L. The photosynthesis and productivity of benthic macrophytes in Sanggou Bay [J]. Acta Ecologica Sinica,1993,13(1):25-29. [毛兴华,朱明远,杨小龙. 桑沟湾大型底栖植物的光合作用和生产力的初步研究. 生态学报,1993,13(1):25-29.]
- [27] Qi Z H, Wang J, Huang H H, *et al.* Potential assessment of carbon sink capacity by marine bivalves and seaweeds in Guangdong province [J]. South China Fisheries Science,2012,8(1):30-35. [齐占会,王琚,黄洪辉,等. 广东省海水养殖贝藻类碳汇潜力评估. 南方水产科学,2012,8(1):30-35.]

Marine algae culture and the estimation of carbon sink capacity in the coastal areas of China

QUAN Wei¹, YING Miaomiao^{1*}, KANG Huajing¹, XU Caolu²,
ZHOU Qinghao², LIANG Wenjie¹, LIN Zhenshi², CAI Jingbo³

(1. Wenzhou Vocational College of Science and Technology, Wenzhou Institute of Carbon Sinks, Wenzhou 325006, China;

2. Dongtou Fisheries Science and Technology Extension Service, Dongtou 325700, China;

3. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China)

Abstract: Seaweed farming is an important form of carbon sink fisheries, which plays a significant role in ecological functions of carbon sink. In this paper, the yields and structures of Chinese and Zhejiang coastal algae farming were analyzed, and their carbon sink capacity was also estimated, based on the data of “Chinese Fishery Statistical Yearbook” from 1999 to 2012. The average annual production of algae in China was about 1 418 700 t. Chinese main marine algae were kelp, undaria, laver and gracilaria, which accounted for 60.29%, 7.92%, 5.67% and 5.39% respectively. Zhejiang’s main marine algae were laver, kelp, *Sargassum fusiforme* and *Enteromorpha prolifera*, and their proportion was about 51.83% (laver), 27.73% (kelp), 12.72% (*Sargassum fusiforme*), and 1.27% (*Enteromorpha prolifera*). Although the portion of Zhejiang’s marine algae production was only 2.55% out of total national production, the breeding structure was unique. In comparing with national data, certain kinds of Zhejiang’s algae showed a higher yield, which had percentages of 83.00% (*Enteromorpha prolifera*), 68.29% (*Sargassum fusiforme*), and 23.53% (laver). Overall, Chinese marine algae carbon sink capacity demonstrates upward trend from 1999 to 2012. The highest carbon sink was up to 515 000 t in 2012, while the annual carbon sink capacity was 418 500 t. The annual average carbon sink of Chinese kelp was 264 500 t/a, which took up the highest proportion within all kinds of algae, followed by undaria 32 300 t/a, laver 22 400 t/a, and gracilaria 20 100 t/a. The annual algae carbon sink capacity of Zhejiang marine culture was 10 300 t, 2.47% of the corresponding national data. In order to meet the needs of the development of the low carbon economy, we suggest that natural carbon sink and its environment protection and management should be strengthened, and carbon fisheries should also be developed. In addition, technology and industry demonstration projects on carbon sink fisheries, marine biological carbon sink function and more potential of carbon sink fisheries basic scientific research should be carried out.

Key words: marine algae culture; farming yield; culture structure; carbon sink capacity

Corresponding author: YING Miaomiao. E-mail: mmying0120@163.com