

福建省贝藻类养殖碳汇及其潜力评估

张麋鸣, 颜金培, 叶旺旺, 张超, 高众勇, 徐长安, 李玉红, 张介霞,
赵淑惠, 孙恒, 詹力扬*

(自然资源部海洋-大气化学与全球变化重点实验室, 海洋可持续发展研究中心,
海洋生物资源开发利用工程技术创新中心, 自然资源部第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

摘要:海水贝藻类养殖碳汇是海洋渔业碳汇的重要组成部分, 开展其碳汇研究对服务我国实现碳中和目标有积极的作用。福建省的海水养殖规模和产量居于全国前列, 对其海水贝藻类养殖碳汇及潜力评估有重要的意义。本研究分析了2015至2020年度《中国渔业统计年鉴》海水贝藻类养殖数据, 估算了2014年至2019年全国及福建省海水贝藻类养殖碳汇强度, 并评估了福建省贝藻类养殖碳汇潜力。研究结果表明, 福建省在全国贝藻类养殖碳汇强度占比较大, 且逐年递增, 在2019年估算的碳汇强度高达211.3万吨(占全国估算总值的31.16%)。与全国海水贝藻类碳汇增速17.3万吨/年相比, 福建省的年增速数据(10.7万吨/年)表明福建省具有较强的海水贝藻类养殖碳汇潜力, 并可带来可观的减排经济效益, 为我国实现碳中和这一宏伟目标做出重要贡献。

关键词:海洋环境科学; 碳中和; 贝类; 藻类; 碳汇; 福建省

DOI: 10.3969/J.ISSN.2095-4972.2022.01.007

中图分类号: P76

文献标识码: A

文章编号: 2095-4972(2022)01-0053-07

自工业革命以来, 二氧化碳(CO_2)排放的剧增, 被认为是引起全球气候变暖的元凶, 而减少温室气体排放和发展低碳经济成为应对全球气候变暖的重要手段。中国是一个碳排放大国, 面临国家经济下行和节能减排双重压力。中国政府在2020年度联合国生物多样性峰会上承诺, 中国将在碳减排方面采取更加有力的政策和措施, 并将力争于2030年前达到 CO_2 排放峰值, 在2060年前实现碳中和。而开展 CO_2 的减排增汇, 是我国实现碳中和目标的必然途径。

海洋是地球上最大的碳储库, 每年约吸收排放到大气中 CO_2 的30%。焦念志院士等(2021)^[1-2]指出研究和实施海洋“负排放”是实现碳中和的重要途径, 并提出海洋“负排放”相关的八个基本途径。张继红等(2021)^[3]指出, 渔业生物的碳汇功能也应受到关注, 尤其是中国作为世界上最大的海水养殖国家, 以非投饵料的贝藻类养殖为主, 拥有巨大的海洋“负排放”潜力。通过提高贝藻类等的养殖产量,

可增加可移出的碳汇^[4-5], 是近海的蓝碳开发及贡献的重要组成^[6]。其中, 大型藻类的养殖具有成本低、产量高、碳汇可计量、栽培可控性强等优势, 是发展低碳经济、海洋碳汇渔业及实现碳中和的有效途径, 同时藻类养殖可以改善区域海洋环境, 如缓解海洋酸化和低氧、减少海洋富营养化和有害藻华等^[7]。因此, 开展养殖区贝藻类碳汇的评估^[8-13], 是践行海洋养殖碳汇服务碳中和目标的有效方法。

福建省的海水养殖规模和产量居于全国前列, 其中海水养殖主要以贝藻类为主^[14]。评估福建省海水养殖贝藻类碳汇情况及其发展趋势, 对了解福建省海水贝藻类养殖对渔业碳汇的贡献有重要的意义。本研究依据农业部渔业局发布的2015年至2020年《中国渔业统计年鉴》^[15], 分析了2014年至2019年福建省海水贝藻类养殖数据, 估算了碳汇强度, 并评估了其碳汇发展潜力, 为未来福建省开展海水养殖增汇, 服务国家碳中和需求提供数据支撑。

收稿日期: 2020-03-29

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2021J01511); 自然资源部第三海洋研究所基本科研业务费资助项目(海三科 2019009)

作者简介: 张麋鸣(1989—), 男, 博士, 副研究员; E-mail: zhangmiming@tio.org.cn

* 通讯作者: 詹力扬(1977—), 男, 研究员; E-mail: zhanliyang@tio.org.cn

1 研究方法

1.1 藻类养殖碳汇估算方法

海水养殖的大型藻类,如海带(*Laminaria japonica*)、紫菜(*Porphyra*)、裙带菜(*Undaria pinnatifida*)、江蓠(*Gracilaria*)等,可通过光合作用,将海水中的溶解无机碳转化为有机碳。同时,由于其生长过程中吸收了海水中的营养盐,使海水中的碱度和 pH 升高,促进大气中的 CO₂向海水扩散。大型藻类的碳汇估算公式如下:

$$A_{\text{CO}_2} = 3.67 \Sigma (M \cdot W_{\text{CW}}) \quad (1)$$

式(1)中: A_{CO_2} 养殖藻类的 CO₂吸收量, M 为藻类养殖品种产量(干重), W_{CW} 为不同藻类干重状态下藻体的碳含量(表 1), 3.67 为转换系数,取 44 (CO₂的分子量)/12(C 的分子量)。

表 1 不同藻类干重状态下藻体的碳含量

Tab. 1 Carbon content of marine seaweeds in dry weight

藻类	藻体碳含量(W_{CW})/%	参考文献
海带	31.20	Lapointe 等 (1992) [16]
紫菜	27.39	Lapointe 等 (1992) [16]
江蓠	20.60	周毅等 (2002) [17]
裙带菜	30.70	郭波 (2015) [13]
其他藻类	27.76	纪建悦等 (2015) [18]

注:其他藻类主要包括麒麟菜(*Eucheuma muricatum*)、苔菜(*Enteromorpha*)、石花菜(*Gelidium amansii*)及羊栖菜(*Hizikia fusiforme*)。

1.2 贝类养殖碳汇估算方法

海水养殖贝类,如牡蛎(*Ostrea gigas*)、贻贝

(*Mytilus edulis*)、扇贝(*Pectinidae*)、蛤(*Macridae*)、蛏(*Sinonovacula constricta*)、蚶(*Arcidae*)等,主要通过两种途径利用海洋中的碳:一是吸收海水中的碳酸氢根(HCO_3^-)形成碳酸钙躯壳,其反应式如下: $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,该过程虽然会释放 1 mol 的 CO₂,但是可以从海水中吸收 2 mol 的碳酸氢根;二是通过滤食和同化海水中的浮游植物和颗粒有机碎屑,形成贝壳个体的软组织。虽然贝类的碳汇功能因其呼吸和钙化过程可释放部分 CO₂而存在争议,但是通过收获养殖贝类可实现移除海水中的碳[3]。另外,也需要通过对贝类收获后,软组织和壳体不同的处理及加工方式来衡量其碳汇能力的大小[4]。本研究采用养殖贝类碳汇计算方法参考 Tang 等 (2011) [19] 的报道,其计算公式如下:

$$C_B = C_{\text{ST}} + C_s \quad (2)$$

式(2)中: C_B 为贝类固定的碳(g), C_{ST} 为软体组织固碳量(g), C_s 为贝壳固碳量(g)。 C_{ST} 及 C_s 的计算式如下:

$$C_{\text{ST}} = M_s \cdot R_{\text{ST}} \cdot W_c \quad (3)$$

$$C_s = M_s \cdot R_s \cdot W_{\text{Cs}} \quad (4)$$

式(2)至(4)中: M_s 代表贝类产量(g), R_{ST} 为软体组织干质量比例(%), W_c 软体组织碳含量(g), R_s 为贝壳干质量比例(%), W_{Cs} 为贝壳碳含量(g)。不同贝类 R_{ST} 、 W_c 、 R_s 和 W_{Cs} 的参考数据如表 2、3 所示。且在估算贝类养殖碳汇时,未将鲍鱼(*Abalone*)纳入碳汇计算,原因是鲍鱼的饵料多为海带、龙须菜(*Asparagus schoberioides*),且在藻类碳汇中已经计算海带等藻类碳汇。

表 2 不同贝类软体组织和贝壳的干质量比例

Tab. 2 Dry weight proportion in tissues and shells of shellfish

贝类种类	软体组织干质量占比(R_{ST})/%	贝壳干质量占比(R_s)/%	参考文献
牡蛎	1.30	63.80	Tang 等 [19]
贻贝	4.63	70.64	Tang 等 [19]
扇贝	7.32	56.58	Tang 等 [19]
蛤	7.67	44.65	Tang 等 [19]
蛏	6.62	64.78	吕昊泽等 (2014) [20]
蚶	3.66	34.33	周毅等 (2002) [17]

表 3 不同贝类软体组织和贝壳的碳含量

Tab. 3 Carbon content of tissues and shells of dry shellfish

贝类种类	软体组织碳含量(W_c)/%	贝壳碳含量(W_{Cs})/%	参考文献
牡蛎	44.90	11.50	Tang 等 [19]
贻贝	46.00	12.70	Tang 等 [19]

续表

贝类种类	软体组织碳含量(W_C)/%	贝壳碳含量(W_{Cs})/%	参考文献
扇贝	43.90	11.40	Tang 等 ^[19]
蛤	42.80	11.40	Tang 等 ^[19]
蛭	44.99	13.24	柯爱英等(2016) ^[21]
蚶	45.86	11.29	周毅等 ^[17]

2 结果与讨论

2.1 福建省贝类养殖现状

如图 1 (a) 所示,全国海水养殖贝类总产量由 2014 年的 1 228.0 万吨增长至 2019 年的 1 358.4 万吨,其中 2015、2016 年有较高的增长速率,分别为 3.9%、4.5%,而在 2017—2019 年产量变化不大。2019 年的总产量较 2010 年产量(1 108.2 万吨)^[8],增加了近 22.6%。总体来说,全国贝类养殖主要为牡蛎、扇贝和蛤为主,这三种贝类的年均产量占比可达约 74%,且在 2014 年至 2019 年养殖产量占比变化并不显著。

福建省的贝类养殖产量总体逐年增加,由 2014

年的 242.6 万吨增至 2019 年的 312.3 万吨 [图 1 (b)]。与全国贝类养殖产量相比,其年产量年增长速率较全国产量增长速率高,在 2018 年甚至高达 7.5%,在 2014 年至 2019 年期间年均增长率约为 5.2%,高于同期全国年均增长率(约 2.1%)。福建贝类养殖主要以牡蛎为主,其年均产量占比约为 65.4%;其次为蛤,年均产量占比达 14.3%。此外,福建省的贝类养殖在全国养殖产量比重较高,且其贡献比例在逐年增加,由 2014 年的 19.76% 增长至 2019 年的 22.99%。由此可知,在全国范围内,福建省的贝类养殖仍在以一个较高的速率增长,也表明近些年福建省在海水贝类养殖方面的投入力度在不断加大。

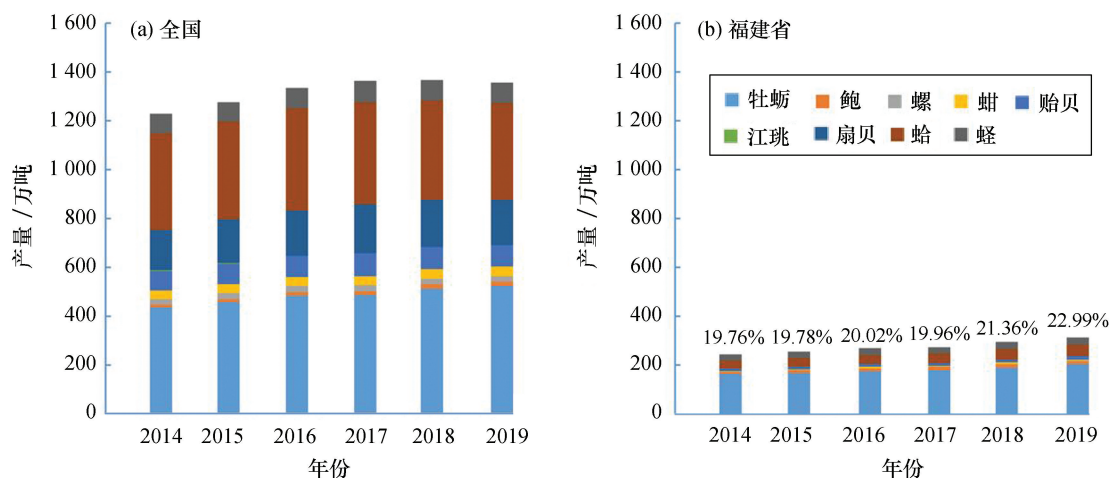


图 1 2014 年至 2019 年海水养殖贝类产量

Fig. 1 Production of marine shellfish culture from 2014 to 2019

(b) 中百分含量为福建省贝类养殖产量占全国产量比重。

2.2 福建省藻类养殖现状

如图 2 所示,2014 年至 2019 年全国海水养殖藻类产量由 196.2 万吨增长至 241.4 万吨,其产量年增长率逐年递增,由 2015 年的 2.6% 增长至 2019 年的 7.1%,年均增长速率为 4.2%。与同期全国海水贝类养殖产量相比,海水藻类养殖产量保持较高的增长速率。另外,海带养殖在总产量中占据主导地位,其产量年均占比可达 68.9%,但是其在总产量中

的占比逐年略微降低,由 2015 年的 70.0% 降至 2019 年的 67.3%。值得一提的是,江蓠的养殖占比在逐年略微增加,由 2014 年的 13.4% 增长至 2019 年的 14.4%,其年均增长速率可达 5.8%。

在 2014 年至 2019 年,福建省海水藻类养殖产量保持较高的增长速度 [图 2(b)],由 79.6 万吨增长至 113.5 万吨,年均增长速率为 7.3%,在 2016 年甚至达到 9.7%,明显高于同期全国海水藻类养殖增

长水平。与全国海水藻类养殖相似,海带养殖在福建省海水藻类养殖中也占主导地位,其年均产量占比约为福建省海水藻类养殖总产量的 73.3%。并且海带养殖产量在逐年增加,由 2014 年的 60.0 万吨增长至 2019 年的 80.3 万吨,年均增长速率为 6.0%。此外,福建省海水藻类养殖在全国养殖总产量占比

高达 40% 以上,表明福建省海水藻类养殖贡献在我国明显处于优势地位。而且,福建省海水藻类养殖在全国总产量的占比逐年增加,由 2014 年的 40.56% 增长至 2019 年的 47.02%,表明福建省的海水藻类养殖在快速的发展。

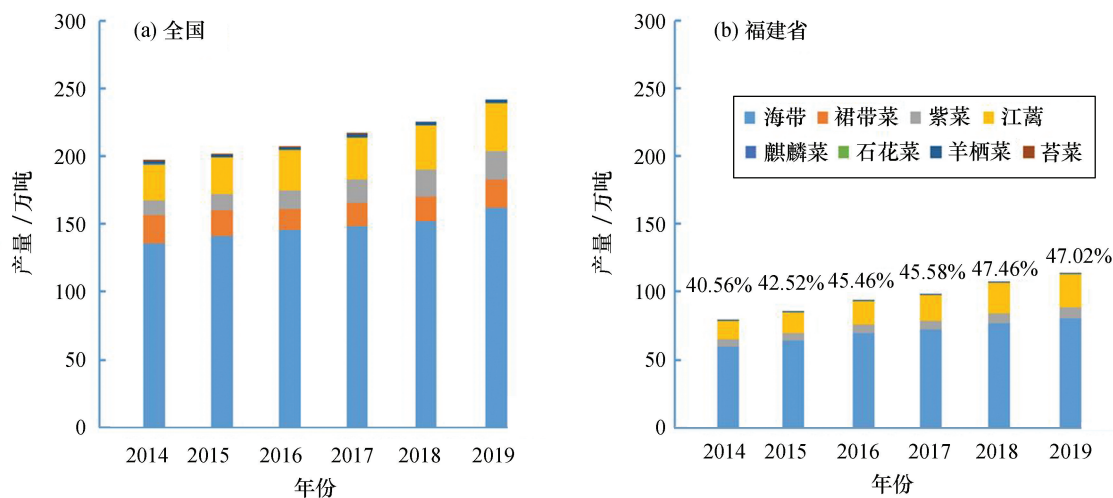


图 2 2014 年至 2019 年海水养殖藻类产量

Fig. 2 Productions of marine seaweed culture from 2014 to 2019

(b) 中百分含量为福建省藻类养殖产量占全国产量比重。

2.3 福建省贝藻类养殖碳汇估算结果

如图 3(a) 所示,在 2014 年至 2019 年期间,计算的全国贝藻类养殖碳汇强度的年均值约为 640.0 万吨,且逐年增加,由 592.6 万吨增长至 678.1 万吨,以 2.7% 的年均速率增长。与郭波^[13]预测的 2025 年我国贝藻类养殖碳汇强度可达 606.1 万吨结果相比,2019 年度全国贝藻类养殖碳汇估算结果已经提前超出这一预期值。其中,贝类的碳汇估算占比年均达 63.9%,但是其碳汇占比在 2014 年至 2019 年间呈现递减趋势,并在 2019 年降至 61.8%。反之,藻类的碳汇占比在 2014 年至 2019 年期间呈现逐年递增的趋势。在贝类碳汇估算占比中,与产量占比一致,牡蛎、扇贝及蛤是主要贡献种类。在藻类估算碳汇占比中,海带明显是主要贡献者,其年均贡献率达 73.3%,但是其贡献占比在 2014 年至 2019 年期间呈现下降趋势。

在 2014 年至 2019 年期间,福建省的贝藻类养殖碳汇估算强度年均值约为 182.8 万吨,由 157.1 万吨增加至 211.3 万吨[图 3(b)]。估算的贝藻类碳汇强度年均增长率约为 6.1%,这一数值是同期全国水平的 2 倍。另外,福建省估算的碳汇强度在全国估算值的占比逐年递增,由 2014 年的 26.52% 增长

至 2019 年的 31.16%,表明福建省的海水养殖贝藻碳汇强度在全国占主导地位。与全国估算结果不同的是,福建省海水藻类养殖碳汇估算结果明显高于贝类。其估算值占碳汇估算总量的 50% 以上,均值为 56.1%,并且与藻类的产量变化一致逐年增加,在 2019 年度其占比高达 56.4%。

2.4 福建省贝藻类养殖碳汇潜力评估

为了评估未来福建省贝藻类养殖碳汇潜力,将贝藻类养殖碳汇估算结果与年份做线性关系图(如图 4)。可以明显的发现,贝藻类养殖碳汇强度随年份具有很明显的线性变化规律。从线性斜率可以看出,全国贝藻类养殖碳汇增速约为 17.3 万吨/年;福建省贝藻类养殖碳汇增速约为 10.7 万吨/年,其中藻类和贝类分别为 6.9 万吨/年和 3.8 万吨/年。假定在未来几十年,我国及福建省的贝藻类养殖产量增速稳定。那么在 2030 年,到碳达峰期间,全国及福建省贝藻类养殖碳汇估算强度分别约为 903.6 万吨和 313.9 万吨,分别较 2019 年度增加 33.3% 和 48.5%。在 2060 年碳中和期间,全国及福建省贝藻类养殖碳汇强度分别约为 1 422.6 万吨和 634.9 万吨,分别较 2030 年度增加 57.4% 和 102.2%。根据《联合国气候变化框架公约的京都协议书》中预计

的 CO₂ 减排开支 150 ~ 600 美元/吨计算,于 2030 年碳达峰期间,预期全国及福建省贝藻类碳汇创造的减排经济价值分别相当于 13.5 ~ 54.2 亿美元和 4.7 ~ 18.8 亿美元;于 2060 年碳中和期间,预期全国及福建省贝藻类碳汇创造的减排经济价值分别相当

于 21.3 ~ 85.4 亿美元和 9.5 ~ 38.81 亿美元。因此,可以预期的是,福建省贝藻类养殖碳汇潜力巨大,并可带来可观的经济效益,可为我国实现碳中和这一宏伟目标做出重要贡献。

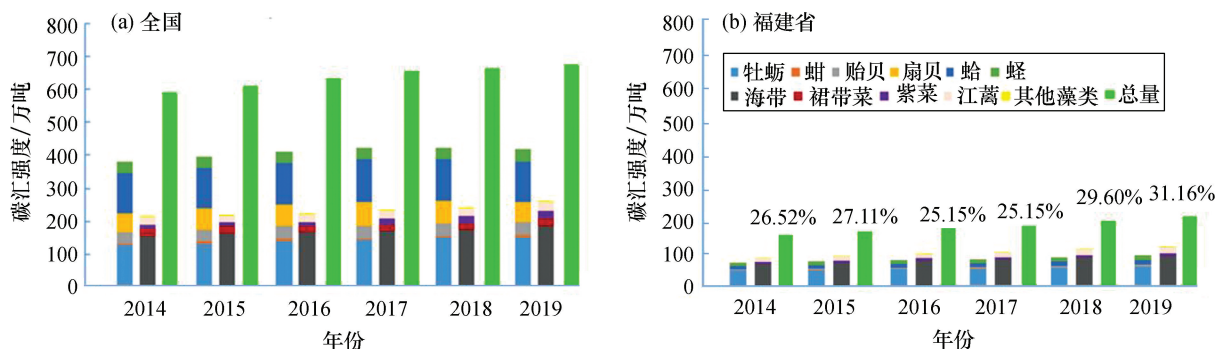


图3 2014年至2019年估算的海水贝藻类养殖碳汇强度

Fig. 3 Estimation of carbon sequestration of marine shellfish and seaweed cultures in 2014–2019

(b) 中百分含量为福建省贝藻类养殖碳汇占全国的比重。

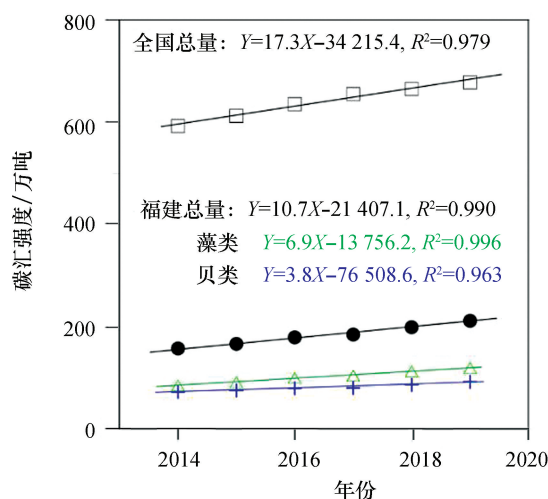


图4 全国与福建省海水贝藻类养殖碳汇强度增加与年份关系图

Fig. 4 Yearly changes of carbon sequestration of marine shellfish and seaweed cultures in China and Fujian Province

然而,虽然贝藻类养殖碳汇的预期较为乐观,但是不可否认的是贝藻类的养殖规模受到气候、空间及消费需求等诸多因素的限制,会导致未来的碳汇强度达不到预期。尤其是福建省这样的沿海省份,如海洋湿地生态修复建设及其他海水养殖的产业空间需求,会限制福建省贝藻类养殖规模的发展,进而影响未来海水贝藻类养殖碳汇强度变化。因此,就提高贝藻类养殖碳汇强度而言,也需要从其他方面入手,例如研发提高养殖单产技术、完善研制容量管理制度、推广多营养层次的综合养殖模式、推动海洋牧场工程^[3]及减低养殖区 CO₂ 排放能耗技术

等^[2, 7]。在政策方面,应加大扶持力度,引导市场主体扩大贝藻类养殖规模、创新养殖模式、提高养殖集约化程度,并积极探索贝藻类的加工、储存与消费方式的多元化,培育、壮大贝藻类精深加工产品消费市场;同时开展渔业碳汇定价机制研究和标准制定,探索建立渔业碳汇上市交易制度,以促进养殖渔业碳汇生态服务的有偿化,实现海洋渔业的碳汇价值。

3 结论

本研究根据 2015 至 2020 年《中国渔业统计年鉴》中海水贝藻类养殖数据^[15],估算了 2014 年至

2019 年全国及福建省海水贝藻类养殖碳汇强度,并评估了福建省贝藻类养殖碳汇潜力。结果表明,福建省在全国贝藻类养殖碳汇强度占比较大,且逐年递增,在 2019 年估算的碳汇强度高达 211.3 万吨

(占全国估算总值的 31.16%)。另外,福建省具有较强的养殖碳汇潜力,并可带来可观的减排经济效益,为我国实现碳中和这一宏伟目标做出重要贡献。

参考文献:

- [1] 焦念志. 研发海洋“负排放”技术支撑国家“碳中和”需求[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(2): 123-131.
JIAO N Z. Developing ocean negative carbon emission technology to support national carbon neutralization[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(2): 123-131.
- [2] 焦念志, 刘纪化, 石拓, 等. 实施海洋负排放践行碳中和战略[J]. 中国科学: 地球科学, 2021, 51(4): 632-643.
JIAO N Z, LIU J H, SHI T, et al. Deploying ocean negative carbon emissions to implement the carbon neutrality strategy[J]. Scientia Sinica Terrae, 2021, 51(4): 632-643.
- [3] 张继红, 刘纪化, 张永雨, 等. 海水养殖践行“海洋负排放”的途径[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(3): 252-258.
ZHANG J H, LIU J H, ZHANG Y Y, et al. Strategic approach for mariculture to practice “ocean negative carbon emission” [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(3): 252-258.
- [4] 张永雨, 张继红, 梁彦韬, 等. 中国近海养殖环境碳汇形成过程与机制 [J]. 中国科学: 地球科学, 2017, 47(12): 1 414-1 424.
ZHANG Y Y, ZHANG J H, LIANG Y T, et al. Carbon sequestration processes and mechanisms in coastal mariculture environments in China[J]. Scientia Sinica Terrae, 2017, 47(12): 1 414-1 424.
- [5] 唐启升, 刘慧. 海洋渔业碳汇及其扩增战略[J]. 中国工程科学, 2016, 18(3): 68-73.
TANG Q S, LIU H. Strategy for carbon sink and its amplification in marine fisheries[J]. Chinese Journal of Engineering Science, 2016, 18(3): 68-73.
- [6] HILL R, BELLGROVE A, MACREADIE P I, et al. Can macroalgae contribute to blue carbon? An Australian perspective[J]. Limnology and Oceanography, 2015, 60(5): 1 689-1 706.
- [7] 杨宇峰, 罗洪添, 王庆, 等. 大型海藻规模栽培是增加海洋碳汇和解决近海环境问题的有效途径[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(3): 259-269.
YANG Y F, LUO H T, WANG Q, et al. Large-scale cultivation of seaweed is effective approach to increase marine carbon sequestration and solve coastal environmental problems[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(3): 259-269.
- [8] 岳冬冬, 王鲁民. 我国海水养殖贝类产量与其碳汇的关系[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(11): 246-248.
YUE D D, WANG L M. Relationship between shellfish mariculture production and its carbon sequestration[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(11): 246-248.
- [9] 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[J]. 地球科学进展, 2005, 20(3): 359-365.
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]. Advances in Earth Science, 2005, 20(3): 359-365.
- [10] 李昂, 刘存歧, 董梦芸, 等. 河北省海水养殖贝类与藻类碳汇能力评估[J]. 南方农业学报, 2013, 44(7): 1 201-1 204.
LI A, LIU C Q, DONG M H, et al. Assessing carbon sink capacity of marine bivalves and seaweeds in Hebei Province[J]. Journal of Southern Agriculture, 2013, 44(7): 1 201-1 204.
- [11] 权伟, 应苗苗, 康华靖, 等. 浙江近海贝类养殖及其碳汇强度研究[J]. 渔业现代化, 2014, 41(5): 35-38.
QUAN W, YING M M, KANG H J, et al. The study if shellfish mariculture and carbon sink capacity in the coastal areas of Zhejiang Province[J]. Fishery Modernization, 2014, 41(5): 35-38.
- [12] 齐占会, 王珺, 黄洪辉, 等. 广东省海水养殖贝藻类碳汇潜力评估[J]. 南方水产科学, 2012, 8(1): 30-35.
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.
- [13] 郭波. 中国海水贝藻养殖碳汇潜力的评估研究[J]. 现代农业科技, 2015(19): 226-228.
GUO B. Study on Assessment of carbon sequestration potential of marine shellfish culture in China[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2015(19): 226-228.
- [14] 郑虹倩, 杨满根. 福建省海水养殖业产量结构特征与发展趋势[J]. 渔业研究, 2016, 38(2): 137-146.
ZHENG H Q, YANG M G, The characteristics of product structure and the development trend of mariculture industry in Fujian Province[J]. Journal of Fisheries Research, 2016, 38(2): 137-146.
- [15] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015—2020.
Fishery Bureau of the Ministry of Agriculture. China fishery statistical yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015—2020.
- [16] LAPOINTE B, LITTLER M, LITTLER D. Nutrient availability to marine macroalgae in siliciclastic versus carbonate-rich coastal waters[J]. Estuaries, 1992, 15(1): 75-82.
- [17] 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[J]. 水产学报, 2002, 26(1): 21-27.
ZHOU Y, YANG H S, LIU S L, 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.
- [18] 纪建悦, 王萍萍. 我国海水养殖业碳汇能力测度及其影响因素分解研究[J]. *海洋环境科学*, 2015, 34(6): 871-878
- JI J Y, WANG P P. Research on China's mariculture carbon sink capacity and influencing factors[J]. *Marine Environmental Science*, 2015, 34(6): 871-878.
- [19] TANG Q S, ZHANG J H, FANG J G. Shellfish and seaweed mariculture increase atmospheric CO₂ absorption by coastal ecosystems [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2011, 424: 97-104.
- [20] 吕昊泽, 刘健, 陈锦辉, 等. 长江口 3 种贝类碳、氮收支的研究[J]. *海洋科学*, 2014, 38(6): 37-42.
- LV H Z, LIU J, CHEN J H, et al. Study on carbon and nitrogen budgets of three bivalves in Yangtze River estuary[J]. *Marine Sciences*, 2014, 38(6): 37-42.
- [21] 柯爱英, 罗振玲, 薛峰, 等. 2004—2014 年温州市养殖贝类碳汇强度研究[J]. *水产科技情报*, 2016, 43(3): 155-159.
- KE A Y, LUO Z L, XUE F, et al. Study on carbon sink capacity of shellfish mariculture in Wenzhou during 2004-2014[J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2016, 43(3): 155-159.

Carbon sequestration and its potentiality of marine shellfish and seaweed cultures in Fujian Province, China

ZHANG Miming, YAN Jinpei, YE Wangwang, ZHANG Chao, GAO Zhongyong, XU Chang'an,
LI Yuhong, ZHANG Jiexia, ZHAO Shuhui, SUN Heng, ZHAN Liyang*

(Key Laboratory of Global Change and Marine-Atmospheric Chemistry, Marine Sustainable Development Research Center,
Marine Biological Resources Development and Utilization Engineering
Technology Innovation Center, Third Institute of Oceanography, MNR, Xiamen 361005, China)

Abstract: The carbon sequestration of marine shellfish and seaweed cultures is an important part of fishery carbon sequestration. The assessment of carbon sequestration in marine shellfish and seaweed cultures is beneficial for realizing the purpose of carbon neutrality in China. The scale and output of marine culture of Fujian Province are in forefront of the country, therefore, it is of great significance for the study of carbon sequestration in Fujian. Using the data of the Chinese Fisheries Statistical Yearbook published from 2015 to 2020, we evaluated the carbon sequestrations and its potentialities in Fujian Province and China from 2014 to 2019, respectively. The results indicated that the carbon sequestration of Fujian Province accounted for a large proportion and it increased significantly yearly. Impressively, the estimated carbon sequestration strength in 2019 was up to 2.113 million tons, accounting approximately for 31.15% of the total of the whole country. Compared with the annual growth rate of the country (about 0.173 million tons per year), the annual growth rate of marine cultivated shellfish and seaweed carbon sequestration in Fujian Province is approximately 0.107 million tons per year, which indicated that Fujian Province has strong potentiality of carbon sequestration in marine culture. It is optimistic that the marine culture of shellfish and algae in Fujian Province could bring considerable economic benefits for the reduction of carbon emission and make an important contribution to realizing the carbon neutralization in China.

Key words: marine environmental science; carbon neutrality; shellfish; seaweed; carbon sequestration; Fujian Province

DOI: 10.3969/J.ISSN.2095-4972.2022.01.007

(责任编辑:杜俊民)