

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20180726002

http://www.yykxjz.cn/

刘福利, 梁洲瑞, 张朋艳, 汪文俊, 孙修涛, 王飞久, 袁艳敏. 中国海带养殖向离岸深水区发展的初步探讨. 渔业科学进展, 2019, 40(1): 161-166

Liu FL, Liang ZR, Zhang PY, Wang WJ, Sun XT, Wang FJ, Yuan YM. Preliminary discussion on the development of *Saccharina japonica* offshore aquaculture in China. Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(1): 161-166

中国海带养殖向离岸深水区发展的初步探讨*

刘福利^{1,2①} 梁洲瑞^{1,2} 张朋艳^{1,2} 汪文俊^{1,2}
孙修涛^{1,2} 王飞久^{1,2} 袁艳敏^{1,3}

(1. 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;

2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室 青岛 266071;

3. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

摘要 海带(*Saccharina japonica*)是我国重要的经济海藻之一,我国海带养殖业已形成了完整的技术链条和产业链条。近年来,在内外因素双重驱动下,我国海带养殖业呈现出向离岸深水区发展的趋势。本文围绕海带离岸养殖,介绍海带近岸养殖和离岸养殖的概念,对比分析海带近岸养殖和离岸养殖的优劣势,探讨海带离岸养殖发展的动因,总结海带离岸养殖发展的现状与问题,为海带离岸养殖发展提出建议 and 对策,以期海带养殖产业的健康、可持续发展提供新思路、新理念。

关键词 海带; 经济海藻; 近岸养殖; 离岸养殖

中图分类号 S967.2 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2019)01-0161-06

海带(*Saccharina japonica*)是我国重要的经济海藻之一。自20世纪50年代建立起海带全人工筏式养殖技术和自然光低温育苗(夏苗)以来,海带的养殖规模不断扩大,逐渐形成新品种培育、苗种扩繁、养殖生产和收获加工的完整技术链条和产业链条(李基磐, 2010; 刘福利等, 2012)。2016年我国养殖海带的产量为1,461,058 t(干重),约占海藻总产量的67.35%,养殖面积为44,398 hm²,约占海藻总养殖面积的31.53%(农业部渔业渔政管理局, 2017)。除去海带加工产品的经济效益,仅考虑海带鲜菜的经济效益,按照海带鲜菜约为800元/t的市场价,海带的年产值约为82亿元。海带营养丰富,富含碘等微量元素,是

人们日常生活中颇受欢迎的海洋蔬菜。在水产养殖中,海带是鲍鱼、海胆、海参的天然优质饵料。海带还是提取褐藻胶、甘露醇的传统原料,尤其是近年来,海带的精深加工产物在生物医药、化妆品、饲料添加剂、生物肥料等领域的应用日益广泛。海带养殖不仅具有重要的经济价值,还能发挥重要的生态效益,海带能够消氮固碳、释放氧气,对缓解富营养化和调控近海生态平衡具有重要作用。

海带养殖采用全人工筏式养殖技术,浮筏是主要的养殖设施。浮筏包括浮绳、概缆、苗绳和概子等,通过概子固定筏身。在海带筏式养殖初期,筏架用绳多为植物纤维绳(如棕绳、麻绳等),其破断强力低,

* 现代农业产业技术体系藻类体系离岸式养殖岗位专项(CARS-50)、中国水产科学研究院基本科研业务费专项课题(2016PT03)、农业农村部农业国际合作交流项目—“一带一路”热带国家水产养殖科技创新合作和青岛市民生科技计划项目(17-3-3-65-nsh)共同资助 [This work was supported by China Agriculture Research System (CARS-50), Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2016PT03), Projects of International Exchange and Cooperation in Agriculture, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of China, Technology and Innovation Cooperation in Aquaculture with Tropical Countries along the Belt and Road, and Qingdao Science and Technology Project of People's Livelihood (17-3-3-65-nsh)].

① 通讯作者: 刘福利, 副研究员, E-mail: liufl@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2018-07-26, 收修改稿日期: 2018-08-13

导致养殖浮筏的抗风浪能力低,不适合高海况的离岸深水区,因此,海带养殖大多集中在内湾和近岸的浅水区。随着化学纤维绳(聚乙烯绳、聚丙烯绳等)的应用和普及,海带养殖区域不断向离岸方向扩展。尤其是近年来,随着海带养殖产业扩张,近岸适养海区空间有限,养殖密度不断增大,导致养殖海带的产量和质量双降,加之近岸环境治理和其他产业(如旅游业)发展,进一步压迫了海带近岸养殖的发展空间,海带养殖向离岸深水区发展的趋势日渐凸显。

本文围绕海带离岸养殖,介绍海带近岸养殖和离岸养殖的概念,对比分析海带近岸养殖和离岸养殖的优劣势,探讨海带离岸养殖发展的动因,总结海带离岸养殖发展的现状与问题,为海带离岸养殖发展提出建议和对策,以期对海带养殖产业的健康、可持续发展提供新思路、新理念。

1 海带近岸养殖和离岸养殖的概念

“离岸”(Offshore)一词,其原意为“离开海岸”,现多用于经济和金融领域,如“离岸贸易”、“离岸金融”等。在水产养殖领域,目前,国内外对“离岸水产养殖”(Offshore aquaculture)尚未有明确、统一的定义。在海水养殖初期,养殖活动大多集中在内湾或近岸浅水区,随着养殖规模不断扩大、养殖技术持续发展,海水养殖活动不断向离岸、开放的深水区发展,人们为区别二者,遂将内湾和离岸较近的养殖活动称为近岸水产养殖(Inshore aquaculture)或浅海养殖,将距岸较远、开放深水区的养殖活动称为离岸水产养殖(Offshore aquaculture)或深远海养殖。目前,二者没有明确的区分界线,只是相对的两个概念。美国把离岸水产养殖作为一种泛指在近岸(Inshore)之外、200海里(nmi)专属经济区(EEZ)水域范围内的养殖活动(U.S. Department of Commerce, NOAA)。欧洲也把离岸水产养殖(Offshore aquaculture)称为开放海域水产养殖(Aquaculture in the open sea/ocean) (Buck *et al.*, 2017)。欧盟启动的 TROPOS 项目,旨在研发一个适于离岸养殖的多功能平台,集运输、能源、养殖与休闲于一体,能够应用于 12 nmi 以外的专属经济区水域范围的水产养殖(Buck *et al.*, 2017)。

我国是水产养殖世界第一大国,2016 年的海水养殖总产量为 1963.13 万 t,而占海水养殖总产量 80% 的贝类和藻类主要集中在近岸海域进行养殖(农业部渔业渔政管理局, 2017)。《近岸海域环境功能区划分技术规范》(HJ/T 82-201)中规定“近岸海域指与沿海省(自治区、直辖市)行政区域内的大陆海岸、岛屿、

群岛相毗连,《中华人民共和国领海及毗连区法》规定的领海外部界限向陆一侧的海域。渤海为自沿岸低潮线向海一侧 12 nmi 以内的海域。”我国通常所讲的浅海养殖、近海养殖,大多集中在离岸 12 nmi 以内的海域。作者调查我国海带主产区(包括辽宁、山东和福建的海带养殖区)后发现,大连海带养殖的离岸距离较近,大多集中在离岸 5 km 以内的海区,但水深比较深,可达 40 m;山东荣成地区海带养殖大多在离岸 10 km 左右以内的海区,向离岸方向扩展相对较远,最远可达 20 km 外,水深可达 30 m;福建霞浦、连江海带养殖区,大多集中离岸 10 km 以内的海区,最远也可达 20 km,水深近 30 m。可见我国海带养殖主要集中在 12 nmi 的近岸海域。

综上所述,海带近岸养殖和离岸养殖应是一个相对的概念,所谓的近岸养殖即是在近岸浅水区开展海带养殖活动,离岸养殖是在离岸深水区开展海带养殖活动。近岸浅水区和离岸深水区在海藻养殖实践中并没有明确的区分界线,只是在空间上,前者是近岸,而后者是离岸。结合目前海带养殖的实际情况,作者建议,可以从养殖区的离岸距离和水深来界定海带离岸养殖,即养殖海区的离岸最短距离大于 6 nmi 或水深大于 20 m 的,即为离岸养殖。

2 海带近岸养殖和离岸养殖的优劣势对比

海带养殖起始于近岸海域,在发展过程中不断向离岸海域发展,近岸和离岸养殖各有优缺点,其优劣势对比见表 1。从养殖对象的角度来看,离岸深水区的风浪较大,一方面有利于养殖海带的受光和营养供给,另一方面也会导致海带脱苗、叶片被风浪折断的问题。2018 年 6 月在山东荣成某海区的调查结果显示,在该海区最外端(离岸约 10 km)养殖的海带,其脱苗率高达 50%,大约有 70% 的海带存在叶片被风浪折断(非正常的烂梢)的现象。当前生产上的海带养殖品种,主要以高产为选育指标,对于养殖海带的脱苗率(假根发育情况)和藻体柔韧性(抗风浪)的关注不够,为适应离岸养殖的高海况,建议专门培育适于离岸养殖的海带新品种。

从养殖的空间环境方面来看,近岸的养殖空间越来越受限,其原因是多方面的,首先是近岸其他生产活动挤占海带的养殖空间,如码头建设、旅游开发甚至是水产动物养殖等;其次是近岸生态环境治理,尤其是“蓝色海湾整治”以来(关于中央财政支持实施蓝色海湾整治行动的通知,财建[2016]262号),海湾水产养殖活动受到严格控制,近岸海带养殖筏架被取

缩。近岸海域不仅空间有限,其生态环境质量也比离岸深水区差。海水中的重金属、有机污染物、农药残留等陆源污染物,其浓度一般从近岸到离岸逐渐降低(毛天宇等, 2009; 白红妍等, 2012)。因此, 离岸养殖的海带品质更好、安全性更高。另外, 尽管近岸海域营养盐相对离岸海域较高(徐东会等, 2017), 但近岸水流较缓, 在高密度养殖海带的生长盛期会出现局部营养盐不足的问题, 而离岸海域由于水流较大, 水体交换频繁, 可以满足海带对营养盐的需求, 养殖产量也较高。以荣成桑沟湾海带养殖区为例, 调查显示, 同样的养殖品种和养殖管理, 湾口处的海带单产是湾底海带单产的近 2 倍, 且海带的色泽、外形更好, 价格也更有优势。

离岸深水区的高海况是限制海带向离岸方向发展的主要限制因子, 离岸深水区的海带养殖技术还需进一步的探索和优化。首先是高海况条件对养殖筏架的安全性提出了更高的要求。调查发现, 当流速高于 0.9 m/s 以上, 在大风天气容易出现拔橛子、筏架缠绕的灾害, 故必须采取安全措施, 如在养殖区的外侧设置几列横流(筏架与流向垂直)的“一条龙”式养殖筏架, 此外, 还要加固橛子、加粗橛缆和浮绳等; 其次, 高海况增加了海带养殖管理的操作难度和风险, 风浪颠簸会严重影响养殖工人的工作状态和效率; 最后, 高海况对海带具体的养殖技术提出了挑战, 如适宜的养殖密度、筏架设置等, 都要因地制宜, 需要探

索和优化。

从养殖成本和效益来看, 近岸养殖的成本稍低, 离岸养殖的成本稍高, 但离岸养殖的综合效益要高于近岸养殖。海带养殖的成本主要包括苗种成本、养殖设施成本、运营管理成本(电费、燃油费、维护费、海域使用费等)及人工成本。苗种成本对于近岸和离岸养殖差别不大; 养殖设施成本比离岸养殖的稍高, 主要是浮筏的使用寿命相对较短造成的。在大连旅顺海区调查发现, 离岸海区的浮子(塑料球或玻璃球)的破损率明显高于近岸海区; 离岸养殖的运营管理成本稍高, 主要体现在养殖船的燃料费、养殖筏架的维护费等; 当前, 海带养殖工作大多依赖于人力, 人工成本是海带养殖的主要成本。据调查, 大连旅顺地区海带养殖的成本约 550 元/t, 人工成本近 300 元/t, 占比 50% 以上。随着离岸距离的增加, 工人在出海来回路途上的时间大大增加, 实际工作时间压缩, 加之离岸高海况降低了工作效率, 导致人工成本升高。但是, 离岸深水区也有其优点, 其水深流大, 可将海带冲起漂浮开来, 改善海带受光条件, 同时, 由于水流交换频率高, 可为海带带来充足的营养盐; 另外, 离岸海区受陆源污染和陆地人为活动影响小, 海带病害少、产品品质高。在福建连江海区的调查结果显示, 在同一养殖海区, 距离海岸最远的养殖区产量可以达到近岸养殖区的 2 倍以上, 且藻体色泽、外形更好, 价格也更高。

表 1 海带近岸养殖和离岸养殖优劣势对比

Tab.1 Comparison of advantages and disadvantages between inshore and offshore aquaculture of *Saccharina japonica*

对比指标 Comparison index	近岸养殖 Inshore aquaculture	离岸养殖 Offshore aquaculture
养殖对象	常规海带品种或品系; 相同品种, 其产量和品质居中	要求海带孢子体的柔韧性好, 能抗风浪; 相同品种, 其产量和品质较高
养殖空间环境	离岸较近(小于 6 nmi), 水深较浅(20 m 以内), 适养空间有限; 风浪较小, 水流较小, 水体交换频率低, 局部营养盐可能不足, 陆源污染物风险较高	离岸较远(大于 6 nmi), 水深较深(20 m 以外), 适养空间广; 风浪较大, 水流较大, 水体交换频率高, 营养盐充足, 陆源污染物风险较低
养殖设施	对养殖筏架的抗风浪要求低, 筏架安全系数高, 使用寿命较长, 建设成本较低	对养殖筏架的抗风浪要求高, 筏架安全系数低, 使用寿命较短, 建设成本较高
养殖技术	养殖技术成熟, 技术风险较低, 作业安全系数高	养殖技术和生产管理需进一步探索、优化, 技术风险较高, 作业安全系数相对较低
养殖成本	养殖成本包括生产资料成本、人工成本、运行管理成本等, 相对离岸养殖较低	养殖成本包括生产资料成本、人工成本、运行管理成本等, 相对近岸养殖较高
养殖效益	养殖海带的产量和品质相对离岸养殖的较低, 效益相对较低	养殖海带的产量和品质相对近岸养殖的较高, 效益相对较高

3 海带离岸养殖发展的动因分析

自20世纪50年代前后海带开启规模化、商业化养殖,历经了70年的发展,其养殖空间分布呈现出从近岸、内湾向离岸、开放海区发展的趋势。推动这一趋势的动力和因素,可概括为两个方面,其一是养殖者自身追求养殖效益最大化;其二是外部行政管理的政策限制和驱动。

在产业发展初期,养殖规模小,加之筏架的抗风浪能力相对较差,海带养殖区主要集中在近岸和内湾海区。随着养殖规模扩大,近岸养殖密度增加,导致病害增加、养殖效益降低,养殖者看到离岸养殖的优势,为追求更高的效益主动向离岸海区发展。特别是随着化学纤维绳(聚乙烯绳、聚丙烯绳等)的应用和普及,以及养殖技术的成熟和优化,为海带养殖向离岸方向发展提供了物质和技术保障。

政府为加强海洋生态保护与修复而提出的相关政策法规,驱动了海带养殖向离岸发展。陆源污染、海岸工程、养殖无序发展等,使得我国近海生态环境遭到严重破坏(孙晓霞等,2016)。为遏制海洋生态环境恶化的趋势,改善海洋环境质量,提升海岸、海域和海岛生态环境功能,维护海洋生态安全,2015年10月,党的十八届五中全会明确开展蓝色海湾整治行动。2016年3月,《中国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》明确提出实施“蓝色海湾整治”等4个海洋重大工程。2016年5月,财政部、国家海洋局印发《关于中央财政支持实施蓝色海湾整治行动的通知》,开启全国范围的蓝色海湾整治行动。在整治行动中,近岸海域环境功能区划分更为科学与规范,近岸海域的一些水产养殖活动被限制甚至取缔,海带筏架在某些海区也成为清理的对象,迫使海带养殖者向离岸海区发展。习近平总书记提出“绿水青山,就是金山银山”,我国自上而下对生态环境保护空前重视,加之其他产业(如观光旅游业等)的发展,近岸海区水产养殖活动的发展空间将会被进一步限制,海带养殖向离岸式发展将是一个不可逆转的趋势。

4 海带离岸养殖发展的现状与问题

当前,我国海带养殖总面积约为44,398 hm²,主要分布在福建(宁德、莆田等)、山东(威海荣成、烟台长岛等)、辽宁(大连旅顺、金州)、浙江和广东,其中,福建(45%)、山东(37%)和辽宁(15%)为海带三大养殖省份(农业部渔业渔政管理局,2017)。目前,尚未见到我国关于海带离岸养殖面积的公开报道。若以养殖海区的离岸距离大于6 nmi或水深大于20 m来界定

离岸养殖,结合我国近海水深的数据库、谷歌卫星地图中的海带养殖筏架分布图以及实际调查,作者粗略估计,当前我国海带离岸养殖大多集中在山东荣成市桑沟湾和爱连湾东部、山东长岛县北部、辽宁大连旅顺附近海域。福建省尽管海带养殖面积巨大,但其海岸线蜿蜒曲折,海湾、岛屿星罗棋布,海带养殖大多分布在海湾内或海岛周围,离岸距离超过6 nmi、水深大于20 m的养殖区面积不大。其他地方小规模海带养殖的海区,也多为近岸养殖。综合估计,当前我国海带离岸养殖的面积约占海带养殖总面积的30%,离岸养殖的产量约占总产量的40%以上。

在内外因素双重驱动下,我国海带养殖业已呈现出离岸发展的趋势,尤其是蓝色海湾整治行动等海洋生态环境保护举措的实施,加快了这一趋势。但是,我国海带养殖还是以近岸养殖为主、离岸养殖为辅,离岸养殖在发展过程中还面临着一些问题。首先,适于离岸深水区高海况的海带优良品系(柔韧性高、抗风浪)缺乏,传统海带养殖品系、品种大多以高产为选育目标,抗风浪能力有待提高,导致在离岸深水区养殖过程中孢子体叶片被折断的问题严重。其次,现有的养殖筏架设施和养殖管理技术难以适应离岸深水区的高海况条件,需对传统养殖筏架的结构、布设进行优化,开发安全、高效的新型离岸养殖设施;再次,海带离岸养殖的人工成本高,拉低了离岸养殖的综合效益,这是当前限制海带离岸养殖发展的关键因素。海带养殖、管理、收获等大多依赖于人力,年轻一代不愿从事劳动强度极大的海带养殖,养殖工人大多为中老年人,导致人力市场供不应求,工人缺口日渐扩大,工人工资上涨迅速,成为限制海带养殖可持续发展的关键因素。

5 海带离岸养殖发展的对策分析

当前,在内外双重因素的驱动下,海带离岸养殖方兴未艾,但无论养殖面积和养殖产量都还低于近岸养殖,良种缺乏、养殖设施与技术有待升级、养殖成本居高不下等因素制约了离岸养殖的进一步发展。如何突破这些限制因素,推动海带离岸养殖快速发展,是当前海带产业可持续发展面临的一个关键问题。农业农村部意识到科技创新对海带离岸养殖的支撑与推动作用,在国家现代农业产业技术体系藻类体系中设立了海藻离岸养殖岗位,旨在通过持续的科学研究和技术研发推动海藻离岸式养殖发展。作者作为海藻离岸养殖岗位的负责人,围绕海藻离岸式养殖开展了一系列工作,现就海带离岸养殖发展提出一些意见建议,以抛砖引玉,共同促进海带离岸养殖发展。

阐释海带离岸养殖的生物学基础, 加快培育适于离岸深水区养殖海况的新品种。进一步阐释海带生长发育与离岸深水区环境因子(流速、风浪、透明度等)的关系, 探明海带适应高海况、快速生长的生物学基础; 以抗风浪(藻体柔韧性)为育种目标, 采用多种育种技术和手段, 培育适于离岸深水区养殖海况的新品种, 降低离岸深水区海带叶片折断率和脱苗率; 开发具有高附加值的海带养殖新种类, 如极北海带、笼目海带等, 以提高离岸养殖的经济效益。

升级改造海带养殖浮筏, 研发新型离岸养殖设施。养殖浮筏是海带养殖的主要设施, 离岸深水区的高海况条件对传统养殖浮筏的安全性提出了严峻挑战, 大风浪会造成拔槓、断绳、苗绳缠绕等灾害, 严重影响海带的养殖生产活动。因此, 需进一步研发新型绳索材料, 研究新型材料的拉伸力学性能, 增强绳索的破断强力, 同时, 提高苗绳的生物附着性、降低浮绳和槓缆的生物附着性; 需进一步开展筏架结构与布设优化、养殖筏架水动力学与安全性能研究等, 开发安全、高效的离岸式海藻浮筏养殖设施。

大力推动海带养殖、收获机械化, 降低人工成本。人工成本是造成海带养殖成本上升的主要因素, 据调查, 当前海带养殖人工成本占总成本的比例可高达 60%~70%, 随着养殖区向离岸推进, 人工成本将会进一步升高, 因此, 降低人工成本是离岸养殖发展必须要解决的问题。当前, 在我国总体人工供应趋紧的大形势下, 发展机械化、提高劳动效率是降低人力成本的必由之路。海带养殖的机械化, 不单单是机械设备设计的问题, 更是与养殖技术和模式密切相关, 如海带夹苗方式、海带筏架的结构与布局、海带养殖水层的调控等, 如何进行海带养殖技术的改进和标准化, 直接决定了机械化的设计和应用。这些方面应该引起足够的重视。

着力发展水产综合离岸养殖新模式, 提高养殖综合效益。我国养殖海带的用途主要是作为海洋蔬菜、水产饲(饵)料和化工原料, 高附加值开发利用发展缓慢, 导致海带的市场价格徘徊不前, 在生产成本不断上涨的压力下, 只有提高综合效益才能推动离岸养殖的发展。海带作为海洋生态系统的初级生产者, 可消氮固碳, 释放氧气, 调控水质, 其生态调控效应对水产养殖系统稳定与健康的积极作用, 越来越受到重视, 多营养层次综合养殖(IMTA)越来越盛行(Chopin, 2012)。在发展海带离岸养殖时, 也应考虑和高值水产动物进行综合养殖, 如鱼藻、贝藻、参藻兼养, 提高水产养殖系统的整体效益, 从而带动海带的离岸养

殖发展。另外, 国外在发展离岸水产养殖时, 也与海上其他工程活动相结合, 如利用海上风力发电场提供电力、养殖筏架支点、运输装备等, 以降低水产养殖的成本(Gimpel *et al*, 2015), 这些经验也值得我国借鉴。

参 考 文 献

- Bai HY, Han B, Zheng L, *et al*. Composition and distribution characteristics of organophosphorus pesticides in the seawater of Sanggou Bay. *Rock and Mineral Analysis*, 2012, 31(4): 632–637 [白红妍, 韩彬, 郑立, 等. 桑沟湾水体中有机磷农药残留组成与分布. 岩矿测试, 2012, 31(4): 632–637]
- Buck HB, Langan R. *Aquaculture perspective of multi-use sites in the open ocean*. Springer Open, 2017
- Chopin T. *Aquaculture, integrated multi-trophic (IMTA)*. In: Meyers RA (eds) *Encyclopedia of sustainability science and technology*. Springer, New York, 2012
- Fishery and Fishery Administration Bureau, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. *China Fishery Statistical Year book*. Beijing: China Agriculture Press, 2017 [农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2017]
- Gimpel A, Stelzenmüller V, Grote AB, *et al*. GIS modelling framework to evaluate marine spatial planning scenarios: Co-location of offshore wind farms and aquaculture in the German EEZ. *Marine Policy*, 2015, 55: 102–115
- Li JP. Review and retrospect of kelp culture in China. *Chinese Fisheries Economics*, 2010, 28(1): 12–15 [李基磐. 中国海带养殖业回顾与展望. 中国渔业经济, 2010, 28(1): 12–15]
- Liu FL, Wang FJ, Sun XT, *et al*. Molecular breeding and its research advances and prospects in *Laminaria japonica* breeding. *Marine Sciences*, 2012, 36(9): 128–134 [刘福利, 王飞久, 孙修涛, 等. 分子育种及其在海带育种中的研究进展. 海洋科学, 2012, 36(9): 128–134]
- Mao TY, Dai MX, Peng ST, *et al*. Temporal-spatial variation trend analysis of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg) in Bohai Bay in 10 years. *Journal of Tianjin University (Science and Technology)*, 2009, 42(9): 817–825 [毛天宇, 戴明新, 彭士涛, 等. 近 10 年渤海湾重金属(Cu, Zn, Pb, Cd, Hg)污染时空变化趋势分析. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2009, 42(9): 817–825]
- Sun XX, Yu RC, Hu ZY. Ecological security of coastal ocean and future marine ecosystem management strategies. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2016, 31(12): 1293–1301 [孙晓霞, 于仁成, 胡仔园. 近海生态安全与未来海洋生态系统管理. 中国科学院院刊, 2016, 31(12): 1293–1301]
- U.S. Department of Commerce, National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA). *Offshore aquaculture in the United States: Economic conditions, implications & opportunities*. Maryland, 2008

Xu DH, Chen BJ, Jiang T, *et al.* Temporal and spatial variation characteristics of water nutrients and eutrophication evaluation in aquaculture water areas of Sanggou Bay.

Progress in Fishery Sciences, 2017, 38(3): 1–11 [徐东会, 陈碧鹃, 江涛, 等. 桑沟湾养殖海域营养盐时空分布特征及富营养化评价. 渔业科学进展, 2017, 38(3): 1–11]

(编辑 冯小花)

Preliminary Discussion on the Development of *Saccharina japonica* Offshore Aquaculture in China

LIU Fuli^{1,2①}, LIANG Zhouhui^{1,2}, ZHANG Pengyan^{1,2}, WANG Wenjun^{1,2},
SUN Xiutao^{1,2}, WANG Feijiu^{1,2}, YUAN Yanmin³

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266071; 3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

Abstract *Saccharina japonica* is one of the most economically important seaweeds in China. Because of both internal and external forces, *S. japonica* farming in offshore waters has begun to emerge in China. Focusing on offshore aquaculture of *S. japonica*, this paper contains a discussion of the definition of inshore and offshore aquaculture of *S. japonica*, compares the advantages and disadvantages of these two aquaculture methods, and analyzes the driving forces of *S. japonica* offshore aquaculture. We also summarized the current situation and problems involved in *S. japonica* offshore aquaculture and proposed the development of a strategy, with the hopes that the discussion herein will provide new ideas and concepts for the healthy and sustainable development of *S. japonica* offshore aquaculture.

Key words *Saccharina japonica*; Economic seaweed; Inshore aquaculture; Offshore aquaculture

① Corresponding author: LIU Fuli, E-mail: liufl@ysfri.ac.cn