

中国水产品的可持续供给

张文博, 马旭洲

Sustainable supply of aquatic food in China

ZHANG Wenbo, MA Xuzhou

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20220703927>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

2000年来中国水产养殖发展趋势和方向

China's aquaculture development trends since 2000 and future directions

上海海洋大学学报. 2020, 29(5): 661 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190502673>

从供应链角度分析俄罗斯IUU渔获从我国进入美国市场的原因

Estimates of IUU fishing in seafood from Russia imports to the USA from China—from the supply-chain perspective

上海海洋大学学报. 2017, 26(1): 138 <https://doi.org/10.12024/jsou.20160501764>

气调包装复合保鲜技术在水产品保鲜中的应用现状

Progress on modified atmosphere packaging technology combined with other methods in preservation of aquatic products

上海海洋大学学报. 2020, 29(3): 467 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190602697>

水产品活体运输智能监控系统的设计

The design of intelligent monitoring system for live aquatic products transportation

上海海洋大学学报. 2017, 26(3): 473 <https://doi.org/10.12024/jsou.20161001888>

冻藏水产品蛋白质变化与控制措施研究进展

Effect of frozen storage on the myofibrillar protein of aquatic products

上海海洋大学学报. 2021, 30(5): 905 <https://doi.org/10.12024/jsou.20210303337>

文章编号: 1674-5566(2022)05-1304-13

DOI:10.12024/jsou.20220703927

中国水产品的可持续供给

张文博^{1,2,3}, 马旭洲^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 中国-东盟海水养殖技术“一带一路”联合实验室, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 上海水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 农业农村部稻渔综合种养生态重点实验室, 上海 201306)

摘要: 水产品是中国最重要的动物蛋白来源之一, 为中国粮食安全和营养供给做出了重要贡献。随着中国经济的快速发展, 中国对水产品的需求和消费有望进一步增加。为了降低未来中国水产品供给的风险, 系统地分析了中国水产品供给和消费的现状和发展趋势。研究表明, 中国的水产品主要由水产养殖和捕捞渔业供给, 进口水产品占国内水产品供给和消费的比例仍低于 5.00%。目前水产养殖产量已 4 倍于捕捞渔业产量, 且捕捞渔业增长乏力, 而水产养殖产量将继续增加。然而, 中国水产养殖面积和水产业从业人员数近年开始逐渐降低, 增加了中国水产品稳定、可持续供给的风险。由于中国巨大的水产品供给和消费体量, 未来中国水产品供给仍需要坚持立足国内生产。需要提高水产养殖产量来满足中国对水产品需求的增量, 同时稳定海洋和内陆捕捞产量, 并以进口作为水产品供给的适当补充。需要提高水产养殖集约化水平, 努力提高水产养殖单位面积产量和劳动生产效率, 同时降低水产养殖对环境的影响, 实现“可持续集约化”。本研究还提出了需要加强水产品在国家粮食安全政策的地位、通过更好的统计数据支撑政策制定、更多和更均衡的资源投入支持水产业发展等建议。

关键词: 粮食安全; 捕捞; 水产养殖; 消费; 可持续的集约化

中图分类号: F 326.4 **文献标志码:** A

水产品在全球粮食安全^[1]、为人类提供必不可少的营养支持^[2]、减少全球食品生产的温室气体排放^[3]、为农民提供生计和就业^[4]等方面做出的巨大贡献, 使其成为当前全球学术界的研究热点。中国是世界最大的水产品生产国、消费国、进口国(按贸易量计)和出口国^[5]。中国生产了全球 35.00% 的水产品, 其中水产养殖产量占全球产量的 57.50%, 海洋捕捞产量占全球产量的 14.94%, 内陆捕捞占全球产量的 12.73%^[5]。

水产品是中国最重要的动物蛋白和微量营养素来源之一, 在中国粮食安全和营养供给中起着关键作用。水产品营养丰富、价格低廉、脂肪含量较低、富含多不饱和脂肪酸, 是对婴幼儿的神经系统发育和健康成长尤其关键 EPA、DHA 等长链多不饱和脂肪酸的主要来源^[5]。水产品

也是多种关键微量营养素的主要来源, 如铁、锌、钙、碘、叶酸、维生素 A、维生素 B12 和维生素 D 等^[2,6-8]。由于水产品能够对人类营养和健康起到独特益处而被称为“超级食品”^[5]。《中国居民膳食指南》也特别强调要重视水产品的摄入, 并在动物食品中推荐优先摄食水产品^[9]。随着中国经济的快速发展、人们购买力的提高、交通和冷链物流等基础设施的改善、老龄化及对健康生活追求的增加等, 中国对水产品的需求和消费有望进一步提高^[10-11]。

然而, 中国水产品供给面临着一系列政策、环境、资源限制和劳动力供给不足、科技水平和国际供应链风险等方面的问题, 对水产品的稳定供给形成了严峻的挑战。以往的粮食安全政策主要关注能量摄入和主粮的供给而忽视了水产

收稿日期: 2022-07-14 修回日期: 2022-08-13

基金项目: 上海市现代农业产业技术体系项目(沪农科产字[2022]第 4 号); WWF/OPF 蔚蓝星球基金项目(POR0000719); 外交部亚洲合作资金项目: 澜湄国家稻渔种养技术合作及水产养殖减贫项目(125A0607); 可持续水产养殖与海洋濒危动物保育项目(A1-3201-22-1019)

作者简介: 张文博(1981—), 男, 博士, 研究方向为水产养殖和渔业可持续发展。E-mail: wb-zhang@shou.edu.cn

通信作者: 马旭洲, E-mail: xzma@shou.edu.cn

品的重要性。近年来,为了保护海洋和内陆水域环境和优化捕捞作业结构,中国实施了严格控制海洋捕捞强度的政策,中国的捕捞渔业产量出现了显著降低。水产养殖也由于产量基数增大等原因增速放缓,并出现养殖面积显著下降的趋势^[12-13]。水产业的从业人数也出现明显下降。全球性风险如气候变化、中美贸易战及突发事件如 COVID-19 新冠疫情和俄罗斯-乌克兰战争等,也对水产品生产原材料供给和产品消费的产业链稳定性以及未来水产品的稳定供给形成挑战^[14-15]。

当前中国存在着对水产品需求不断增加和多种因素限制了水产品供给量提高的矛盾。为了降低未来中国水产品供给的风险,保障水产品稳定的供给,本研究系统地分析了中国水产品供给和消费的现状和发展趋势等,提出了需要加强水产品粮食安全政策的地位、通过更好的统计数据支撑政策制定、立足国内并通过水产养殖可持续集约化满足未来水产品需求的增加、更多和更均衡的水产业资源投入等建议,以期为开展相

关研究和制定产业发展政策提供参考。

1 中国水产品供给现状和趋势

1.1 中国水产品供给与消费逐年增加

中国有着悠久的捕捞渔业和水产养殖历史。新中国成立以来,捕捞渔业和水产养殖快速发展^[16-18]。由于捕捞渔业产量的提高受到资源限制,同时在国家“以养为主”等政策支持下,中国水产养殖业产量快速提高并在 1980 年代末期超过捕捞产量^[16]。水产养殖产量在水产品总产量的占比逐年提高(图 1)。2020 年中国水产品总产量达到 6 549.0 万 t,其中养殖产量 5 224.2 万 t,捕捞产量 1 324.8 万 t,养殖产品与捕捞产品比例约为 80:20^[19]。捕捞产量仍以国内海洋捕捞为主,产量为 947.4 万 t,占比 71.51%;其次是远洋捕捞 231.7 万 t,占比 17.49%;淡水捕捞最低,仅 145.7 万 t,占比 10.97%。在水产养殖产量中,淡水养殖产量为 3 088.9 万 t,占比 59.13%,海水养殖 2 135.3 万 t,占比 40.87%^[19]。

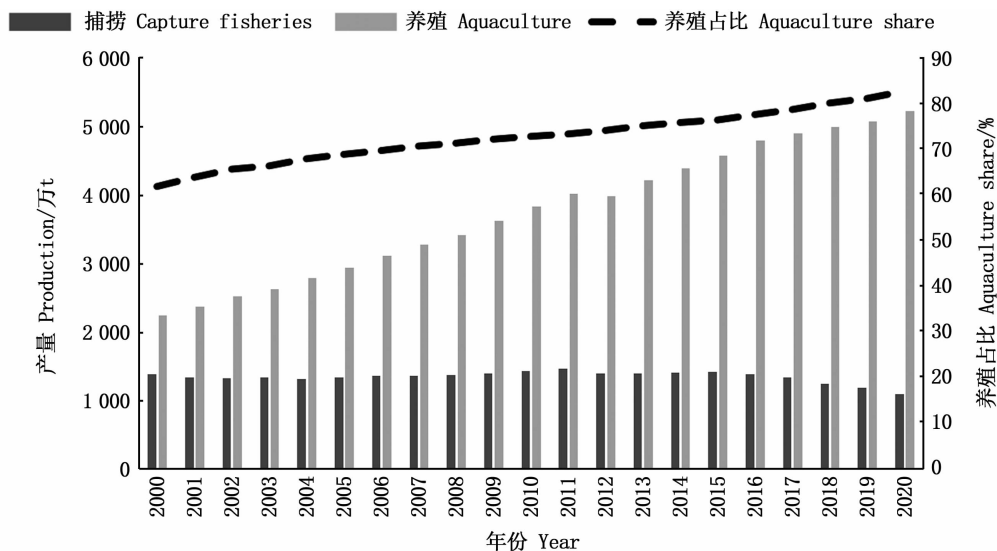


图 1 2000—2020 年中国按生产方式分水产品产量和养殖产量在总产量的占比
Fig.1 Production of aquatic food by producing methods and aquaculture share in total production in China in 2000 - 2020

在水产养殖中,虽然淡水养殖和海水养殖产量按百分比计算时增速相近,但淡水养殖更大的产量基数意味着其每年净增长量比海水养殖更高^[20-22]。淡水养殖产量在水产品总产量的占比从 2000 年的 36.54% 增加至 2020 年的 49.14%,

凸显出淡水养殖在水产品供给中越来越核心的地位。在水产养殖中,淡水池塘养殖尤为重要,分别占淡水养殖产量和养殖总产量的 73.80% 和 43.64%。淡水池塘养殖产品主要为可食用比例较高的鱼类,若按照可食用产量计算,淡水池塘

养殖在淡水养殖产量和养殖总产量的占比将更高^[20-22]。

随着中国水产品产量的快速提高,中国人均水产品消费水平也不断增加。国家统计局数据显示,中国水产品的人均占有量从2000年的29.0 kg增加至2020年的46.0 kg,增长幅度近60.00%^[23]。FAO根据水产品的生产及进出口数据估算了各成员国供人类直接食用的水产品人均供给量,中国的食用水产品人均供给量也从2000年的25.0 kg增加至2017年的39.0 kg^[24](图2)。

然而,中国的水产品人均占有量或供给量与消费量之间有着显著差距。最权威的中国水产品人均消费量数据来自于国家统计局的住户收支与生活状况调查。该调查采用分层、多阶段、与人口规模大小成比例的概率抽样方法,在全国共抽选出1 800个县(市、区)约16万住户参加调查^[26]。根据该调查,中国的水产品人均家庭消费量快速增长,从2000年的6.9 kg增加至2010年的10.4 kg和2020年的13.9 kg^[26],远低于人均占有量或供给量(图2)。按照人均家庭消费量和人口数计算,2020年的中国水产品总消费仅有1 822.2万t。目前中国水产品人均消费仍低于《中国居民膳食指南》推荐的15.6~26.0 kg(每周300.0~500.0 g)^[9]。然而,国家统计局的住户收支与生活状况调查并不包含家庭外消费,家庭外消费约为家庭消费量的20.00%~35.00%^[25]。将家庭外消费计入总消费量后,2020年中国水产品总消费为2 186.7~2 460.0万t,人均消费约为16.7~18.8 kg,仍处于《中国居民膳食指南》推荐消费量的下端。

虽然中国的水产品人均占有量和消费量之间有着显著差距,但是可以预期,随着收入增加、城市化、食品供应链的进步以及生活方式和口味偏好的变化,中国水产品的产量和消费量将继续增加。《“十四·五”全国渔业发展规划》设定了2025年总的水产品产量目标从2020年的6 549.0万t增加至6 900.0万t,增量约350.0万

t,增长5.36%。相关研究也预测了中国水产品的产量将从2017年的6 445.3万t增加至2025年的7 095.4万t^[27]。对中国水产品需求量的预测表明,其将从2020年的5 600.0万~5 800.0万t进一步增加至2030年的7 200.0万~8 400.0万t^[10]。

1.2 捕捞渔业的产量逐年降低且增长潜力有限

在水产品供给来源中,捕捞渔业仍然是人类从自然界获得的最大天然食物资源,难以取代^[28]。在科学、有效的渔业管理下,捕捞渔业能够可持续地为人类提供优质食物,并避免了天然资源的浪费。但全球超过90.00%的捕捞鱼类已被充分捕捞或过度捕捞,自2000年以来,全球水产养殖快速发展而捕捞渔业增长乏力^[5,29]。为了保护海洋和内陆水域环境和优化捕捞作业结构,“十三·五”期间中国实施了严格控制海洋捕捞强度、控制海洋捕捞产量和限额捕捞、海洋捕捞机动渔船数量负增长、长江十年禁渔、湖泊水库等大水体退渔还湖和禁渔区、限渔区以及种质资源和水源地的保护区等政策。受政策影响,中国的捕捞渔业产量出现了显著降低,尤其是国内海洋渔业产量从2011年最高点的1 241.9万t降低至2020年的947.4万t,内陆淡水捕捞也从2010年最高点的228.9万t降低至2020年的145.8万t^[5,18-19]。根据《“十四·五”全国渔业发展规划》,到2025年中国国内海洋捕捞产量被严格限制在1 000.0万t以内^[18]。

近年来中国远洋渔业虽然发展较快,但远洋渔业有相当比例产品都在捕捞地就近销售或出售至日本、欧、美等发达国家^[10,30-32]。2020年中国远洋渔业产量有157.4万t运回国内消费,占远洋渔业产量的67.93%和水产品总产量的2.40%。为了减少涉外渔业纠纷,中国主动控制了远洋渔业产业规模,远洋渔业渔船数量在“十三·五”期间稳定在3 000艘以内^[33-35]。由于远洋渔业的发展受限于渔业协定、捕捞配额和入渔国法律法规等限制,大幅度提高远洋渔业产量较为困难^[18,34-35]。

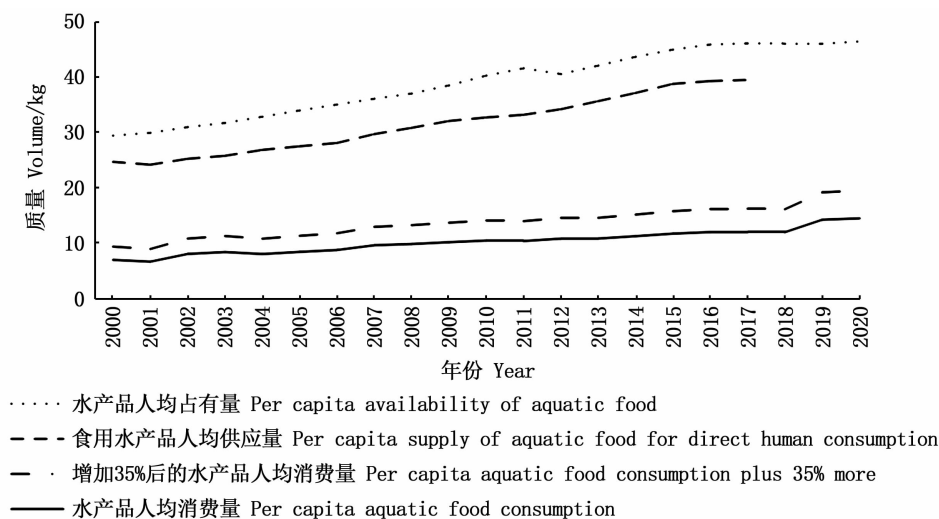


图 2 中国水产品人均占有量、人均供应量、人均消费量,以及增加 35.00% 家庭外消费的人均消费量
 Fig. 2 Per capita availability, per capita supply, per capita consumption of aquatic food in China, and per capita consumption with 35% more out-of-home consumption

除此之外,中国的捕捞水产品有约 300.0 万 t^[36-37] 至 460.0 万 t^[38] 被用于生产鱼粉或者作为冰鲜杂鱼在水产养殖中投喂^[38]。受渔业资源和相关政策限制,在可预期的将来,中国捕捞渔业将无法供给更多的水产品。

1.3 水产养殖面积明显减少,但土地利用效率不断提高

水产养殖被认为是全球粮食安全和增加膳食营养的一种可能的可持续解决方案。多项研究预测水产养殖产量将继续保持快速增长^[29]。中国水产养殖产量在 20 世纪 80 至 90 年代快速增加,年均增长率超过 11.00%,近年来由于水产养殖产量基数增大等原因,水产养殖增速放缓,年均增长率降至 1.00% ~ 2.00%^[17,19-20]。水产养殖产量的提高途径主要包括扩大养殖面积和提高单位面积产量^[20-21,39]。随着经济快速发展,水产养殖空间受到有限的土地资源限制以及工业发展和新住宅区开发等挤压,中国的水产养殖面积出现了明显的减少^[12-13]。中国水产养殖面积从最高峰的 2015 年 846.5 万 hm² 降低至 2020 年的 703.6 万 hm²,减少了 16.82% (图 3a)。淡水养殖面积减少最快,从最高峰的 2015 年 618.0 万 hm² 降低至 2020 年的 504.1 万 hm²,减少了 18.43%。海水养殖面积减少稍慢,从最高峰的 2015 年 231.8 万 hm² 降低至 2020 年的 199.6 万 hm²,减少了 13.90%。近十年来中国大部分省市的大中型水域以及河道的围栏、网箱养殖面积被

大幅缩减,围栏和网箱养殖产量分别减少 90.00% 和 70.00% 以上^[5,17,40]。池塘养殖是中国最重要的水产养殖模式,随着围栏、网箱养殖缩减,池塘养殖在中国水产养殖的地位变得愈发重要^[41]。然而中国沿海池塘养殖面积自 2017 年也出现下降趋势^[12]。水产养殖面积明显减少限制了养殖产量增长的潜力,提高水产养殖产量最主要的方式将通过提高养殖的单位面积产量这一途径实现。

随着中国水产养殖技术水平的发展,养殖单位面积产量和集约化水平不断提高,尤其是最重要的淡水池塘养殖单产从 2000 年 4.9 t/hm² 提高至 2020 年的 8.7 t/hm² (图 3b)。目前中国大多数水产养殖养殖集约化水平较低,仍可进一步挖掘现有养殖面积的生产潜力,逐渐增加单位面积产量,从而生产更多的水产品^[21,39]。

一个典型案例是海南省由于土地资源和自然资源的约束和旅游岛、自贸港等产业发展的政策方向调整,淡水养殖面积在 2008—2020 年减少了 28.29%。然而,由于集约化程度的提高和单位面积产量的增加,海南省的淡水养殖年产量并没有减少,反而稳定在 35.0 万 t 左右^[42]。海南淡水养殖约 80.00% 为罗非鱼养殖^[43],而罗非鱼养殖单位面积产量近年来大幅度提高。传统的罗非鱼池塘养殖密度为 2.25 ~ 3.75 万尾/hm²,产量仅为 15.0 ~ 22.5 t/hm²,而随着现代化养殖设施尤其是新型微孔曝气底增氧设施的应用,部分

罗非鱼池塘养殖密度已超过 7.5 万尾/hm², 产量可达 54.0 ~ 103.5 t/hm²[44-46]。

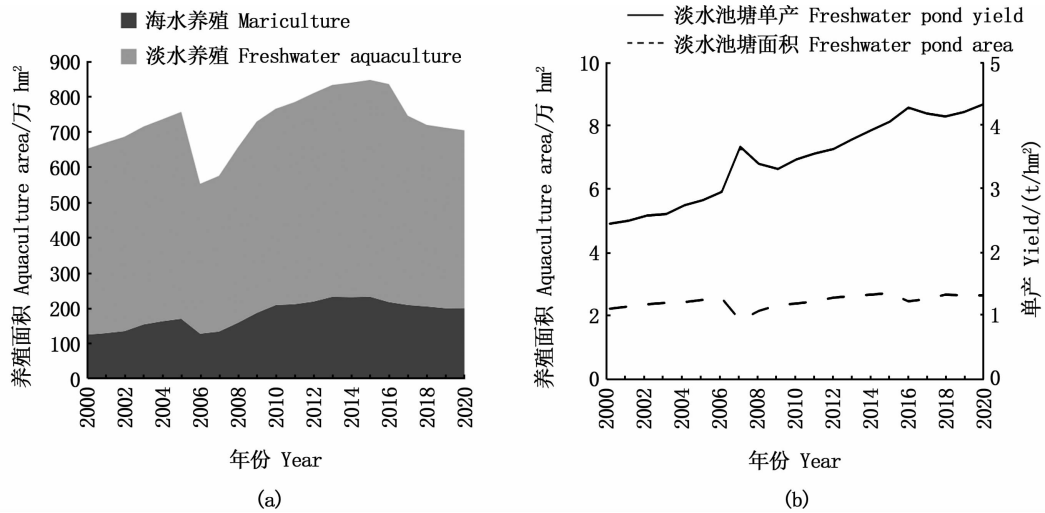


图3 2000—2020 中国海水、淡水养殖面积 (a) 和中国淡水池塘养殖面积和单位面积产量 (b)

Fig. 3 Farming area of mariculture and freshwater aquaculture (a) and freshwater aquaculture area and yield per unit area (b) in China in 2000–2020

1.4 水产业从业人数明显降低, 但生产力逐渐上升

由于中国经济社会快速发展带来的大量更高收入的非农就业机会, 以及中国渔业发展方针转变、水域生态环境恶化和渔业资源衰退、渔民增收难度加大、渔业风险较高、劳动强度较大、渔业老龄化、海洋渔业减船和渔民转产转业、长江流域十年禁捕等渔业资源养护和湖泊、水库退养退捕等政策的实施等原因, 中国水产业从业人数近年来明显降低^[47-49]。捕捞渔业专业从业人数从2000年的186.19万人逐年下降, 到2020年降至129.86万人, 下降了30.25%。水产养殖专业从业人员从2000年的372.24万人逐渐上升至2011年的峰值529.00万人, 再逐渐下降至2020年的457.54万人, 较峰值降低13.51% (图4a)^[19-23]。

然而, 随着标准化池塘等养殖基础设施改善、全价配合饲料大范围使用、良种良法的推广、捕捞和养殖渔业机械化和自动化水平的提升带来的生产效率提高, 中国水产业的劳动生产力逐渐上升。捕捞渔业人均产量从2000年的7.43 t 上升至2020年的约8.42 t, 增加13.32%。水产养殖人均产量更是从2000年的6.01 t 上升至2020年11.42 t, 增加90.02% (图4b)^[19-23]。

1.5 水产品进口在供国内消费的水产品中占比仍然较低

水产品生产已经是一个深度全球化的产业^[17]。原材料如鱼粉、豆粕等的供给和水产品的销售高度依赖于国际贸易, 水产品也是国际贸易最重要的农产品类别^[29]。中国目前是世界最大的水产品出口国, 也是最大的水产品进口国 (按贸易量计)。近年来, 中国进口量占全球贸易量的13.00% ~ 15.00%^[24]。2020年中国进口水产品567.86万 t, 出口水产品381.18万 t^[19]。中国水产品贸易量快速增加的趋势及对全球水产品供需的影响引起了国际学界的关注^[10,36]。鱼粉仍是中国水产品进口的最主要商品之一, 占中国水产品进口的约四分之一 (图5)^[24]。中国进口的鱼粉大部分都用作水产养殖饲料原料, 少部分用作畜牧业饲料原料^[10,20,36]。尽管中国水产养殖以低营养级物种为主, 对鱼粉的使用效率较高^[50], 但由于中国巨大的水产养殖体量使得对进口鱼粉的需求很难降低。同时, 中国是世界水产品加工的枢纽^[10,25,36,51], 中国进口的供人类直接食用的水产品大部分都是用来加工再出口。最新的一项研究表明, 74.90% 中国进口的水产品 (占全球水产品贸易的11.30%) 都在加工后重新出口, 仅有25.10%的进口水产品用来国内消费^[51]。

扣除鱼粉和再出口的水产品之后,中国的水产品进口量仅有不到 120.0 万 t 用于国内消费,占中

国全部水产品总供给量的 1.91% 和总消费量的 4.88%。

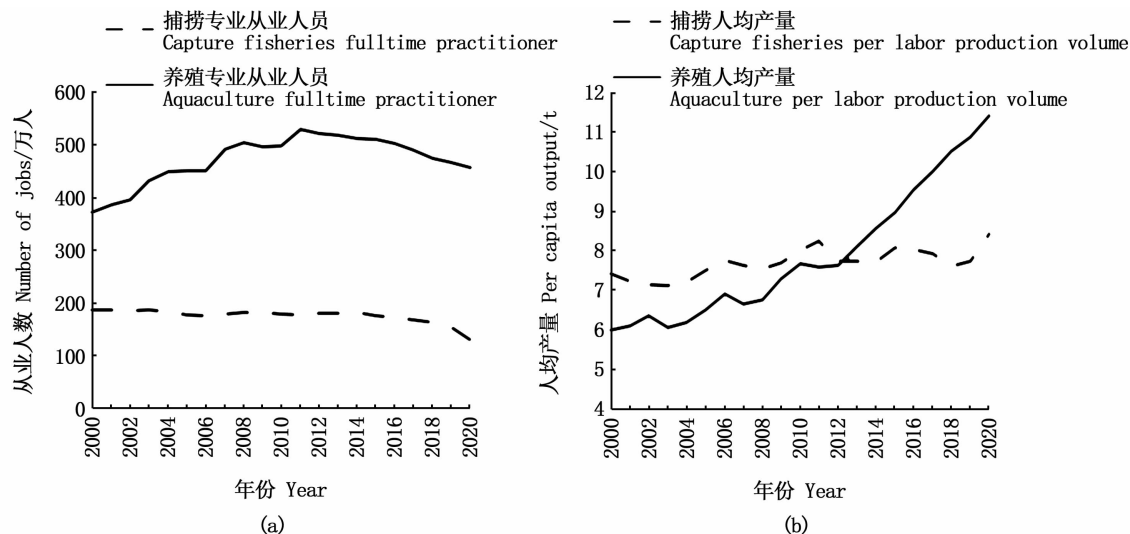


图 4 2000—2020 年中国捕捞和水产养殖专业从业人员数 (a) 和劳动力投入人均水产品产量 (b)
Fig. 4 Fulltime practitioner of capture fisheries and aquaculture (a) and per labor production volume (b) in China in 2000 – 2020

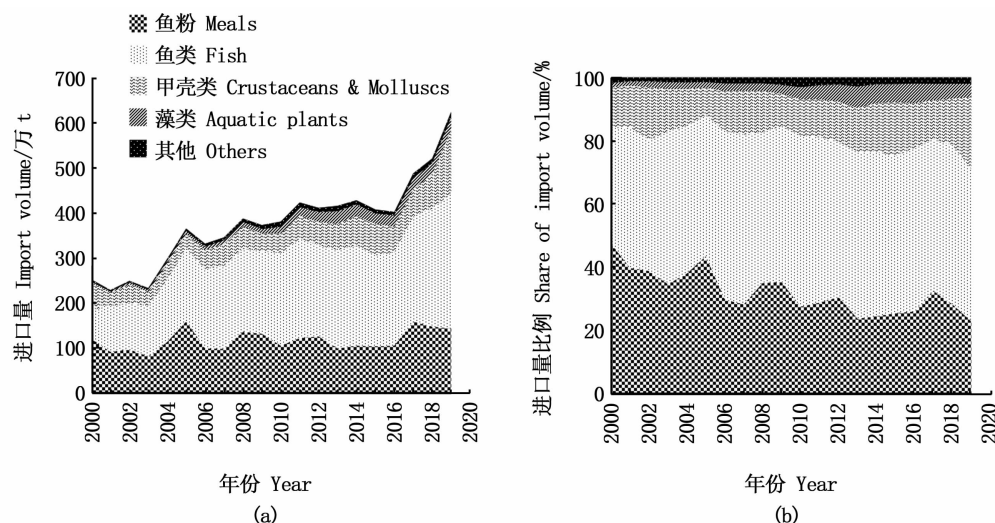


图 5 2000—2020 年中国水产品进口量 (a) 和进口产品类别结构 (b)
Fig. 5 China's aquatic food import volume (a) and share of product categories (b) in 2000 – 2020

2 保障未来中国水产品供给的措施和政策建议

2.1 将水产品纳入主流粮食安全政策

中国始终把解决人民吃饭问题作为治国安邦的首要任务。依靠自己的力量,中国实现了粮食基本自给,成功解决了近 14.0 亿人口的吃饭问题,而且居民生活质量和营养水平显著提升,

粮食安全取得了举世瞩目的巨大成就^[52]。目前中国实现了谷物的基本自给和口粮的绝对安全^[52],但目前中国仍面临着因微量营养素摄入不足或营养失衡而产生的营养和健康风险,这也称为隐性饥饿 (Hidden Hunger)^[53]。据报道,中国目前有 3 亿人口存在着隐性饥饿问题^[54]。而水产品能够提供多种重要微量营养素,这使增加水产品的供给和消费成为增加微量营养素摄入和

解决隐性饥饿问题的关键手段。

然而中国的粮食安全政策对水产品缺乏足够的重视。如审议中的《粮食法》和广东、四川、浙江等省的粮食安全保障条例仅限于主粮,如谷物及其成品粮、豆类和薯类等^[55-58]。《国家粮食安全中长期规划纲要(2008—2020年)》提到了水产品,但并未将水产品列入主要粮食安全指标^[59]。环境保护、耕地保护(作为粮食安全政策的一部分)通常有着比发展渔业更高的优先级^[13,29]。渔业在与工业化和城市化进程对土地使用的竞争中处于劣势^[13],环保优先的发展战略也将进一步对水产养殖和捕捞业赖以生存的发展空间造成挤压^[17]。当前的《基本农田保护条例》及农田保护的 land 开发红线均对进一步发展水产养殖形成了制约^[17]。在动物源食品中,猪肉在中国粮食安全政策中比水产品更为重要,如为了保障猪肉的稳定供给,中国有着国家储备肉政策。

随着中国经济社会发展和人民生活水平的不断提高,中国的粮食安全政策关注点也正在从“吃得饱”向“吃得好”、“吃得健康”方向发展。为了推动农业供给侧结构性改革,2016年中央把“树立大食物观”写入一号文件^[60]。2022年3月习近平总书记又强调:在确保粮食供给的同时,保障肉类、蔬菜、水果和水产品等各类食物有效供给,缺了哪样也不行^[61]。中央提出“大食物观”的概念已成为将水产品纳入中国粮食安全战略的重要机遇。为发挥水产品 in 粮食和营养供给中作为“超级食品”的作用,必须将水产品 in 粮食安全战略和相关政策的地位从喂养(提供能量和蛋白)到滋养(提供关键微量营养素和长链多不饱和脂肪酸),并在食品系统和粮食安全战略中优先保障水产品的供给^[5,62]。

2.2 需要更好的统计数据支撑政策制定

生产统计数据是水产养殖管理决策的基础。中国目前的渔业统计数据收集系统是一个金字塔式的逐级报告系统,所有的渔业统计数据都是依靠行政逐级报表并进行数据汇总和统计。这个系统产生的数据准确性曾经受到了国际和国内学界长期和广泛的质疑^[31,38,63-67]。20世纪90年代的中国渔业产量统计数据有过高现象,部分原因是当时粮食生产被列为优先事项,以及中国自上而下的官员考核和晋升制度^[68-69],但也因为

在拥有大量小规模捕捞渔业和小型水产养殖场的发展中国家收集数据和进行统计不仅成本较高,而且较难实施^[38,70-71]。

中国在2007年和2016年根据农业普查情况进行了2次渔业产量统计数据的修正^[29],修正后的数据更贴合实际情况。然而,当前中国渔业统计数据仍然不能够及时反映生产的变化。尤其是2020年新冠疫情爆发以来,水产品的供给和消费受到很大影响。疫情爆发初期中国水产品消费量显著降低,且部分高价值水产品的消费量恢复较慢^[15]。但中国的统计数据仍显示2020年水产品产量在持续增长,出现了消费量和供给量变化趋势的矛盾。

由于统计数据不能反映水产品供给的实际变化情况,相关的计划、规划和政策制定容易出现问题和偏差。尤其是中国的水产品人均占有量和消费量之间有着显著差距(图2),影响了未来中国水产品需求的估算^[10],限制了中国水产品的可持续供给的战略和相关政策制定。水产业的发展需要更好的统计数据进行支撑。

2.3 中国未来水产品的供给需要立足国内

由于捕捞渔业产量增长乏力,可预期水产品供给的增量将主要由水产养殖提供。随着印度尼西亚、印度、越南和孟加拉国等国的水产养殖快速发展,中国水产养殖产量占世界养殖总产量的份额近年来持续下降,从2010年的61.49%降至2020年的57.50%^[5]。在中国大力推进渔业方面的国际合作,尤其是推动一带一路项目背景下,中国渔业产业也在海外开始大量投资,主要投资方向为发展远洋渔业和水产养殖^[17-18]。然而,远洋渔业增长潜力被远洋渔船规模控制政策等因素限制^[18,34-35]。同时,中国水产养殖巨大的体量带来了显著的规模优势和较低的生产成本,将中国投资在海外生产的水产品销售到中国可能存在成本较高和缺乏竞争力的问题。如非洲作为罗非鱼的故乡,虽然人力、土地等资源成本较低,但缺少适合养殖的良种和有竞争力的饲料等配套产业链,其产品与中国水产养殖生产的罗非鱼相比缺乏竞争力,仍然需要大量进口中国的罗非鱼^[72]。

另外,中国的水产品进口主要为鱼粉和用来加工再出口的水产品原料^[25,36,51]。由于全球水产品出口量有限,且欧美等发达国家拥有较大的

水产消费需求和较强的购买力,水产品进口很难完全成为中国水产品供给的主要来源。由于中国巨大的水产品供给和消费体量,中国水产品未来的供给,需要坚持立足国内。尤其是需要提高水产养殖产量来满足中国对水产品需求的增量,同时稳定海洋和内陆捕捞产量,并以进口作为水产品供给的适当补充。

2.4 水产品的可持续供给亟需更多科研力量等资源的投入

水产品已在全球和中国粮食安全中展现出关键作用,但水产业仍是一个在快速发展的行业,亟待增加科研投入对其进行提升。当前中国的水产业面临诸多问题和挑战,如外源和内源环境污染、科技发展水平不足、饲料蛋白源供给风险、气候变化和环境问题、全球性的水产病害传播和外来物种入侵、食品安全、COVID-19 新冠疫情对供应链的影响、国际政局变化和战争等。为了实现水产业在满足人类粮食和营养安全等方面的潜力以及迎接各种环境和突发事件的挑战,需要在水产营养饲料、遗传育种、生物安全和疾病防治、生物技术、信息技术、供应链安全、养殖容量和环境影响、以及社会和经济发展的可持续性等方面增加研究和投入。

最近两年来,COVID-19 新冠疫情以及俄罗斯-乌克兰战争等突发事件给全球粮食安全带来了许多挑战,引起能源价格高企、捕捞作业和养殖周期被打断、水产品产销不畅等问题,严重冲击了全球和中国的水产品供应链^[5,15]。尤其是受新冠疫情导致的封锁和国境关闭等措施影响,全球水产品贸易额从 2018 年的 1 650.0 亿美元降低至 1 510.0 亿美元,减少了 8.48%^[5]。气候变化对渔业和水产养殖的可持续发展带来挑战,如极端天气影响捕捞作业和部分养殖设施,气候变化也影响了养殖饲料原材料(作物)种植生产和供给^[5,73]。这些领域都需要增加科研投入,以提高中国产业的韧性(Resilience),降低产业风险,尽可能地避免产业周期性繁荣与萧条的现象^[14,74-76]。

捕捞渔业和水产养殖需要更多的科技和装备支撑,尤其是需要最新的生物技术和信息技术对水产行业进行升级,开展诸如捕捞设备、渔业资源调查、养殖工业化和自动化设施、渔业信息管理系统和管理系统等方面的研究^[17-18]。通过科学

的渔业资源评估和良好的渔业管理可以有效恢复过度捕捞的海洋渔业资源并维持甚至提高捕捞渔业产量。

相对于发达国家,中国水产业仍存在规模较小、生产率较低、风险较高、环境影响较大等问题。如以挪威为首的发达国家对大西洋鲑的选择性育种、营养饲料及生产系统等进行了大量的研究,使大西洋鲑成为全球水产养殖生产效率最高的品种之一^[21]。相比之下,中国的水产养殖在品种及其生产方式高度多样化,大多数没有得到足够的投资和研究,迫切需要学术界和业界投入人力、物力对其进行提升。

由于中国的水产养殖主要集中在水网密集的江河中下游和沿海区域,缺乏统一的科学规划和养殖容量管理制度,集约化养殖带来的污染通常超过了当地水域的自净能力。大规模的集约化水产养殖带来的饵料和药物投入导致了水域富营养化、化学品污染、抗生素耐药性、能耗和温室气体排放增加等问题^[17,41,77]。水域环境的恶化和病原传播等引起病害频发,对产业本身造成了严重冲击。

需要加强中国水产养殖业的良种化、机械化、自动化和信息化的建设^[17],努力提高养殖的单位面积产量和养殖生产的集约化水平和劳动生产效率。同时还需要最大限度地降低水产养殖引起的温室气体和氮、磷等营养物质的排放水平以及其他环境影响,提高饵料肥料的利用效率,促进废水废物的循环利用,努力实现“可持续集约化”^[39,77-79]。

水产业的资源投入需要采取更均衡的策略。如淡水养殖在全球粮食安全的贡献远大于海水养殖,但当前全球对水产养殖的研究重点仍集中在海水养殖,淡水养殖的重要性被很大程度忽视^[21]。其原因在于海洋经济和蓝色经济越来越重要,辽阔的海洋也提供了足够的想象空间,同时科学界和水产养殖产业界对海水养殖从近岸走向远洋并没有很好的科学技术积累,缺乏对在远海开展养殖的技术、经济和安全等方面的困难的认知。因此,海洋相关的项目(如海水养殖项目)和资源远多于淡水相关项目。如在中国自然科学基金历年资助的项目中,用关键词“海水养殖”可搜索到 50 项,而关键词“淡水养殖”仅搜索到 10 项^[80]。未来对于水产养殖的科研力量等投

人,需要根据水产品不同生产方式的重要性,采取更均衡的投入方式将有助于水产业更可持续地发展。

3 结论

水产品为中国粮食安全和营养供给做出了重要贡献,未来中国对水产品的需求和消费有望进一步提高。目前中国的水产品主要由水产养殖和捕捞渔业供给,中国的水产养殖产量已4倍于捕捞渔业产量,且捕捞渔业增长乏力而水产养殖产量将继续增加,未来的水产品供给的增量将主要由水产养殖提供。然而,中国水产养殖面积近年来出现减少的现象,捕捞渔业和水产养殖从业人数也逐渐下降,增加了中国水产品稳定供给的风险。供国内消费的进口水产品仍占水产品供给量的1.91%和消费量的4.88%,将中国投资在海外生产的水产品销售到中国可能存在成本较高和缺乏竞争力的问题。未来中国水产品供给,仍需要坚持立足国内。需要提高水产养殖产量来满足中国对水产品需求的增量,同时稳定海洋和内陆捕捞产量,并以进口作为水产品供给的适当补充。加强国内产业尤其是水产养殖业的产业升级,努力提高养殖集约化水平和劳动生产效率。同时还需要最大限度地降低水产养殖引起的环境影响,努力实现“可持续集约化”。为了促进水产业的健康发展和水产品的稳定供给,需要将水产品纳入主流粮食安全政策。由于当前水产品产量和消费量之间的显著差别和变化趋势间的矛盾,当前产量统计数据不能及时反映实际生产情况变化,还需要更好的统计数据支撑政策制定。为了实现水产业在满足人类粮食和营养安全等方面的潜力以及迎接各种环境和突发事件的挑战,需要在水产业投入更多科研力量等资源。

参考文献:

[1] NAYLOR R L, HARDY R W, BUSCHMANN A H, et al. A 20-year retrospective review of global aquaculture [J]. *Nature*, 2021, 591(7851): 551-563.

[2] GOLDEN C D, KOEHN J Z, SHEPON A, et al. Aquatic foods to nourish nations [J]. *Nature*, 2021, 598(7880): 315-320.

[3] GEPHART J A, HENRIKSSON P J G, PARKER R W R, et al. Environmental performance of blue foods [J]. *Nature*, 2021, 597(7876): 360-365.

[4] SHORT R E, GELCICH S, LITTLE D C, et al. Harnessing the diversity of small-scale actors is key to the future of aquatic food systems [J]. *Nature Food*, 2021, 2(9): 733-741.

[5] FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2022: towards blue transformation [R]. Rome: FAO, 2022.

[6] BOGARD J R, MARKS G C, WOOD S, et al. Measuring nutritional quality of agricultural production systems: application to fish production [J]. *Global Food Security*, 2018, 16: 54-64.

[7] TIGCHELAAR M, LEAPE J, MICHELI F, et al. The vital roles of blue foods in the global food system [J]. *Global Food Security*, 2022, 33: 100637.

[8] CAI J N, LEUNG P. Unlocking the potential of aquatic foods in global food security and nutrition: a missing piece under the lens of seafood liking index [J]. *Global Food Security*, 2022, 33: 100641.

[9] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2022) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022.

Chinese Nutrition Society. Dietary guidelines for Chinese residents (2022) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2022.

[10] CRONA B, WASSÉNIUS E, TROELL M, et al. China at a crossroads: an analysis of China's changing seafood production and consumption [J]. *One Earth*, 2020, 3(1): 32-44.

[11] NAYLOR R L, KISHORE A, SUMAILA U R, et al. Blue food demand across geographic and temporal scales [J]. *Nature Communications*, 2021, 12(1): 5413.

[12] DUAN Y Q, TIAN B, LI X, et al. Tracking changes in aquaculture ponds on the China coast using 30 years of Landsat images [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2021, 102: 102383.

[13] NEWTON R, ZHANG W B, XIAN Z X, et al. Intensification, regulation and diversification: the changing face of inland aquaculture in China [J]. *Ambio*, 2021, 50(9): 1739-1756.

[14] FAO. COFI: AQ/XI/2022/5 Building resilience of aquaculture to ensure food security, nutrition and livelihoods [R]. Rome: FAO, 2022.

[15] LOVE D C, ALLISON E H, ASCHE F, et al. Emerging COVID-19 impacts, responses, and lessons for building resilience in the seafood system [J]. *Global Food Security*, 2021, 28: 100494.

[16] 王武. 鱼类增养殖学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

WANG W. Culture and enhancement of fishes [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.

[17] 张文博, 马旭洲. 2000年来中国水产养殖发展趋势和方向 [J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(5): 661-674.

ZHANG W B, MA X Z. China's aquaculture development trends since 2000 and future directions [J]. *Journal of*

- Shanghai Ocean University, 2020, 29(5): 661-674.
- [18] 农业农村部. “十四五”全国渔业发展规划[EB/OL]. (2022-01-06). http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/202201/t20220106_6386439.htm. Ministry of Agriculture and Rural Affairs. The 14th five-year plan for national fishery development[EB/OL]. (2022-01-06). http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/202201/t20220106_6386439.htm.
- [19] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2021 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021. Fishery and Fishery Administration Bureau of the Ministry of Agriculture and Rural Areas, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2021 China fishery statistical yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021.
- [20] EDWARDS P, ZHANG W B, BELTON B, et al. Misunderstandings, myths and mantras in aquaculture: its contribution to world food supplies has been systematically over reported[J]. Marine Policy, 2019, 106: 103547.
- [21] ZHANG W B, BELTON B, EDWARDS P, et al. Aquaculture will continue to depend more on land than sea[J]. Nature, 2022, 603(7900): E2-E4.
- [22] BELTON B, LITTLE D C, ZHANG W B, et al. Farming fish in the sea will not nourish the world [J]. Nature Communications, 2020, 11(1): 5804.
- [23] 中华人民共和国国家统计局. 国家数据[EB/OL]. [2022-06-01]. <https://data.stats.gov.cn/index.htm>. National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. National data[EB/OL]. [2022-06-01]. <https://data.stats.gov.cn/index.htm>.
- [24] FAO. FAOSTAT[EB/OL]. [2022-01-10]. <http://faostat.fao.org/>.
- [25] CHIU A, LI L P, GUO S J, et al. Feed and fishmeal use in the production of carp and tilapia in China[J]. Aquaculture, 2013, 414-415: 127-134.
- [26] 国家统计局. 2020 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020. National Bureau of Statistics. 2020 China statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2020.
- [27] 鲁泉, 陈新军. 改革开放 40 年来中国渔业产业发展及十四五产量预测[J]. 上海海洋大学学报, 2021, 30(2): 339-347. LU Q, CHEN X J. Development of Chinese fishery industry in 40 years of reform and opening up and production forecast in the 14th five-year plan[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2021, 30(2): 339-347.
- [28] PRADEEPKIRAN J A. Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review[J]. Translational Animal Science, 2019, 3(2): 903-910.
- [29] FAO. The state of world fisheries and aquaculture: sustainability in action[M]. Rome: FAO, 2020.
- [30] SALA E, MAYORGA J, COSTELLO C, et al. The economics of fishing the high seas[J]. Science Advances, 2018, 4(6): eaat2504.
- [31] PAULY D, BELHABIB D, BLOMEYER R, et al. China's distant-water fisheries in the 21st century [J]. Fish and Fisheries, 2014, 15(3): 474-488.
- [32] FABINYI M, LIU N. The Chinese policy and governance context for global fisheries [J]. Ocean & Coastal Management, 2014, 96: 198-202.
- [33] FABINYI M, LIU N. Social trust and luxury seafood banquets in contemporary Beijing[J]. Asian Anthropology, 2014, 13(2): 92-105.
- [34] 陈新军. 我国远洋渔业高质量发展的思考[J]. 上海海洋大学学报, 2022, 31(3): 605-611. CHEN X J. Reflections and suggestions on high-quality development of distant-water fisheries in China[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2022, 31(3): 605-611.
- [35] 农业部. “十三五”全国远洋渔业发展规划[EB/OL]. (2017-12-08). http://www.gov.cn/xinwen/2017-12/08/content_5245275.htm. Ministry of Agriculture. "13th five-year" national long-distance fishery development plan[EB/OL]. (2017-12-08). http://www.gov.cn/xinwen/2017-12/08/content_5245275.htm.
- [36] CAO L, NAYLOR R, HENRIKSSON P, et al. China's aquaculture and the world's wild fisheries [J]. Science, 2015, 347(6218): 133-135.
- [37] 麦康森. 我国水产动物营养与饲料的研究和发展方向[J]. 饲料工业, 2010, 31(S1): 1-9. MAI K S. Studies on the developmental strategies of aquaculture nutrition and feed industry development in China [J]. Feed Industry, 2010, 31(S1): 1-9.
- [38] ZHANG W B, LIU M, DE MITCHESON Y S, et al. Fishing for feed in China: facts, impacts and implications[J]. Fish and Fisheries, 2020, 21(1): 47-62.
- [39] EDWARDS P. Aquaculture environment interactions: past, present and likely future trends [J]. Aquaculture, 2015, 447: 2-14.
- [40] FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals[M]. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2018.
- [41] 操建华. 水产养殖业自身污染现状及其治理对策[J]. 社会科学家, 2018(2): 46-50. CAO J H. Current situation of aquaculture pollution and its control measures[J]. Social Scientist, 2018(2): 46-50.
- [42] 海南省统计局, 国家统计局海南调查总队. 海南统计年鉴 2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021. Hainan Province Statistical Bureau, Hainan Survey Team of National Bureau of Statistics. Hainan statistical yearbook 2021[M]. Beijing: China Statistics Press, 2021.
- [43] 邱名毅, 李东萍, 刘庆明, 等. 海南罗非鱼产业现状及发展前景调查[J]. 中国水产, 2018(6): 49-52.

- QIU M Y, LI D P, LIU Q M, et al. Investigation on current situation and development prospect of tilapia industry in Hainan[J]. *China Fisheries*, 2018(6): 49-52.
- [44] 肖炜, 李大宇, 邹芝英, 等. 海南地区鱼虾混养模式下密度对罗非鱼的生长、代谢和免疫的影响[J]. *淡水渔业*, 2019, 49(2): 101-106.
- XIAO W, LI D Y, ZOU Z Y, et al. Effects of different culture densities on growth, metabolism and immune function of tilapia under mixed culture of fish and shrimp in Hainan Province[J]. *Freshwater Fisheries*, 2019, 49(2): 101-106.
- [45] 贺艳辉, 袁永明, 张红燕, 等. 海南省罗非鱼产业发展现状、问题及对策[J]. *湖南农业科学*, 2018(7): 105-108, 112.
- HE Y H, YUAN Y M, ZHANG H Y, et al. Development status, questions and countermeasures of tilapia industry in Hainan province [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2018(7): 105-108, 112.
- [46] 佟延南, 李芳远, 李志鸿, 等. 罗非鱼高效健康养殖技术初探[J]. *科学养鱼*, 2020(1): 15-16.
- TONG Y N, LI F Y, LI Z H, et al. Preliminary discussion on high-profit and healthy culture technique for tilapia[J]. *Scientific Fish Farming*, 2020(1): 15-16.
- [47] 陈君祥, 高超, 刘依阳. 太湖刺网生计渔业问题[J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(1): 139-144.
- CHEN J X, GAO C, LIU Y Y. Taihu Lake gillnet subsistence fisheries [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, 29(1): 139-144.
- [48] 李竣, 杨旭, 陈洁. 改革开放以来淡水渔村发展变迁研究[J]. *中国渔业经济*, 2021, 39(4): 1-10.
- LI J, YANG X, CHEN J. Research on the development and changes of freshwater fishery village since the Reform and Opening up [J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2021, 39(4): 1-10.
- [49] 刘雯. 捕捞渔民转产转业困境及对策研究——以舟山市为例[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2017.
- LIU W. Research on the dilemma and countermeasures of transferring fishermen from fishery to fishing industry——a case study of Zhoushan City[D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2017.
- [50] HAN D, SHAN X J, ZHANG W B, et al. A revisit to fishmeal usage and associated consequences in Chinese aquaculture[J]. *Reviews in Aquaculture*, 2018, 10(2): 493-507.
- [51] ASCHE F, YANG B X, GEPHART J A, et al. China's seafood imports—Not for domestic consumption? [J]. *Science*, 2022, 375(6579): 386-388.
- [52] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国的粮食安全白皮书[EB/OL]. <http://www.scio.gov.cn/ztk/dtzt/39912/41906/index.htm>.
- Information Office of the State Council of the People's Republic of China. China's food security white paper[EB/OL]. <http://www.scio.gov.cn/ztk/dtzt/39912/41906/index.htm>.
- [53] MABERLY G F, TROWBRIDGE F L, YIP R, et al. Programs against micronutrient malnutrition: ending hidden hunger [J]. *Annual Review of Public Health*, 1994, 15: 277-301.
- [54] 马爱平. 3 亿中国人面临隐性饥饿困扰[EB/OL]. (2019-10-16). https://kepu.gmw.cn/2019-10/16/content_33236586.htm.
- MA A P. 300 million Chinese people face hidden hunger problem[EB/OL]. (2019-10-16). https://kepu.gmw.cn/2019-10/16/content_33236586.htm.
- [55] 张洋. 《粮食法》公开征求意见[EB/OL]. (2012-02-22) [2022-06-01]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c12754/201202/fdf4da4351714d6c96995c851ba732ba.shtml>.
- ZHANG Y. Grain Law solicits public opinions [EB/OL]. (2012-02-22) [2022-06-01]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c12754/201202/fdf4da4351714d6c96995c851ba732ba.shtml>.
- [56] 广东省人民政府. 广东省粮食安全保障条例[EB/OL]. (2022-01-14) [2022-06-01]. http://www.gd.gov.cn/zw/gk/wjk/zc/gk/content/post_2521561.html.
- Guangdong Provincial Government. Guangdong food safety regulations [EB/OL]. (2022-01-14) [2022-06-01]. http://www.gd.gov.cn/zw/gk/wjk/zc/gk/content/post_2521561.html.
- [57] 四川省人民政府. 四川省粮食安全保障条例[EB/OL]. (2022-01-12) [2022-06-01]. http://www.jintang.gov.cn/jtxfzhggj1/c117619/2022-01/12/content_cfc8417b64bb468bba0c58c3b58f02f7.shtml.
- Sichuan Provincial Government. Regulations on food security of Sichuan Province [EB/OL]. (2022-01-12) [2022-06-01]. http://www.jintang.gov.cn/jtxfzhggj1/c117619/2022-01/12/content_cfc8417b64bb468bba0c58c3b58f02f7.shtml.
- [58] 浙江省人民代表大会常务委员会. 浙江省粮食安全保障条例[EB/OL]. (2022-01-05) [2022-06-01]. http://www.qjq.gov.cn/art/2022/1/5/art_1229075001_2388177.html.
- Standing Committee of Zhejiang Provincial People's Congress. Zhejiang Province food security regulations [EB/OL]. (2022-01-05) [2022-06-01]. http://www.qjq.gov.cn/art/2022/1/5/art_1229075001_2388177.html.
- [59] 新华社. 国家粮食安全中长期规划纲要(2008—2020年)[EB/OL]. (2008-11-13) [2022-06-01]. http://www.gov.cn/jrzq/2008-11/13/content_1148414.htm.
- Xinhua News. Outline of the national medium- and long-term program for food security (2008-2020) [EB/OL]. (2008-11-13) [2022-06-01]. http://www.gov.cn/jrzq/2008-11/13/content_1148414.htm.
- [60] 新华社. 2016 年中央一号文件: 中共中央国务院关于落实发展新理念加快农业现代化 实现全面小康目标的若干意见(全文)[EB/OL]. (2016-01-28) [2022-06-01]. <http://www.moa.gov.cn/ztl/2016zyyhjw/2016zyyhjw/>

- 201601/t20160129_5002063.htm.
- Xinhua News. The first document of central government in 2016: several opinions of the CPC central committee and the state council on implementing the new concept of development, accelerating agricultural modernization and realizing the goal of all-round well-off society (full text) [EB/OL]. (2016-01-28) [2022-06-01]. http://www.moa.gov.cn/ztl/2016zyyhjw/2016zyyhjw/201601/t20160129_5002063.htm.
- [61] 中国网评论员. 农产品保供, 缺了哪样也不行 [EB/OL]. (2022-03-09) [2022-06-01]. <http://www.farmer.com.cn/2022/03/09/99890211.html>.
- China Farmer Commentator. Agricultural products supply cannot left anyone behind [EB/OL]. (2022-03-09) [2022-06-01]. <http://www.farmer.com.cn/2022/03/09/99890211.html>.
- [62] FAO. Shanghai declaration: aquaculture for food and sustainable [M]. Shanghai: FAO, 2021: 22.
- [63] WATSON R, PAULY D. Systematic distortions in world fisheries catch trends [J]. *Nature*, 2001, 414(6863): 534-536.
- [64] 乐家华; 邵征翌. 渔业统计制度的国际比较及对我国的启示 [J]. *统计研究*, 2008, 25(7): 90-95.
- LE J H, SHAO Z Y. A comparative study on fishery statistics system of different countries [J]. *Statistical Research*, 2008, 25(7): 90-95.
- [65] 陈园园, 唐议. 关于改善我国海洋渔业统计制度的建议 [J]. *海洋渔业*, 2012, 34(4): 476-481.
- CHEN Y Y, TANG Y. On improving statistical system of marine fisheries in China [J]. *Marine Fisheries*, 2012, 34(4): 476-481.
- [66] CAO L, CHEN Y, DONG S L, et al. Opportunity for marine fisheries reform in China [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017, 114(3): 435-442.
- [67] 范正利, 张石天, 陈坚. 海洋捕捞产量统计方法比较与讨论——以温州为例 [J]. *渔业信息与战略*, 2017, 32(3): 168-172.
- FAN Z L, ZHANG S T, CHEN J. Comparison and discussion on statistical methods of marine fisheries production in Wenzhou [J]. *Fishery Information & Strategy*, 2017, 32(3): 168-172.
- [68] MU Y T, YU H G, CHEN J N, et al. A qualitative appraisal of China's efforts in fishing capacity management [J]. *Journal of Ocean University of China*, 2007, 6(1): 1-11.
- [69] PAULY D. Beyond duplicity and ignorance in global fisheries [J]. *Scientia Marina*, 2009, 73(2): 215-224.
- [70] PITCHER T J, CHEUNG W W L. Fisheries: hope or despair? [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2013, 74(2): 506-516.
- [71] SZUWALSKI C, JIN X S, SHAN X J, et al. Marine seafood production via intense exploitation and cultivation in China: costs, benefits, and risks [J]. *PLoS One*, 2020, 15(1): e0227106.
- [72] OKAI E K. African farmers struggle to compete with cheap Chinese tilapia [EB/OL]. (2018-01-30) [2022-06-01]. <https://thefishsite.com/articles/african-farmers-struggle-to-compete-with-cheap-chinese-tilapia>.
- [73] TIGCHELAAR M, CHEUNG W W L, MOHAMMED E Y, et al. Compound climate risks threaten aquatic food system benefits [J]. *Nature Food*, 2021, 2(9): 673-682.
- [74] LAHIRI T, NAZRUL K M S, RAHMAN M A, et al. Boom and bust: soft-shell mud crab farming in south-east coastal Bangladesh [J]. *Aquaculture Research*, 2021, 52(10): 5056-5068.
- [75] FAO. The state of world fisheries and aquaculture opportunities and challenges [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014.
- [76] BELTON B, PADIYAR A, RAVIBABU G, et al. Boom and bust in Andhra Pradesh: development and transformation in India's domestic aquaculture value chain [J]. *Aquaculture*, 2017, 470: 196-206.
- [77] 董双林. 论我国水产养殖业生态集约化发展 [J]. *中国渔业经济*, 2015, 33(5): 4-9.
- DONG S L. On ecological intensification of aquaculture systems in China [J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2015, 33(5): 4-9.
- [78] LITTLE D C, YOUNG J A, ZHANG W B, et al. Sustainable intensification of aquaculture value chains between Asia and Europe: a framework for understanding impacts and challenges [J]. *Aquaculture*, 2018, 493: 338-354.
- [79] BELTON B, REARDON T, ZILBERMAN D. Sustainable commoditization of seafood [J]. *Nature Sustainability*, 2020, 3(9): 677-684.
- [80] 梅斯医学. 国自然查询分析工具 [EB/OL]. [2022-05-01]. https://www.medsci.cn/sci/nsfc_index.
- MedSci. National natural funding query analysis tool [EB/OL]. [2022-05-01]. https://www.medsci.cn/sci/nsfc_index.

Sustainable supply of aquatic food in China

ZHANG Wenbo^{1,2,3}, MA Xuzhou^{1,2,3}

(1. China-ASEAN "The Belt and Road" Joint Laboratory of Mariculture Technology, Ministry of Science and Technology of China, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of Integrated Rice-fish Farming, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Aquatic food is an essential source of animal protein, significantly contributing to food and nutritional security in China. With the rapid development of China's economy, demand and consumption of aquatic food in China are expected to increase further. In order to reduce the risk and raise the sustainability and robustness of aquatic food supply in China, the present study reviews the status and development trends of aquatic food production and consumption in China. The results show that aquaculture and capture fisheries are China's primary aquatic food sources, while imported aquatic food only accounts for less than 5% of the total aquatic food supply and consumption. China's aquaculture production is four times that of capture fisheries. Capture fisheries production has decreased while aquaculture production has kept increasing. However, China's aquaculture area and the number of practitioners have decreased in recent years, putting sustainable production and supply of aquatic food in China at risk. Due to the enormous production and consumption volume of aquatic food in China, the future aquatic food supply in China still needs to be based on domestic production. Aquaculture production needs to increase to meet China's increasing demand for aquatic food, and marine and inland catch production needs to stabilize, with aquatic food imports supplementing the supply. Aquaculture needs to improve yields per unit area and labor productivity while reducing the environmental impacts to achieve "sustainable intensification". The present study suggests strengthening aquatic food in the national food security framework, supporting sound policy formulation through better statistics, and more balanced resource investment in capture fisheries and aquaculture.

Key words: food security; capture fisheries; aquaculture; consumption; sustainable intensification