

系统功能视角下的水产养殖业可持续发展

董双林

(中国海洋大学 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003)

摘要: 水产养殖系统具有食物生产、价值增值和环境维持三大基本功能。目前,国际和国内水产养殖业在功能实现上存在着食物生产功能的弱化、价值增值功能遇到阻力、环境维持功能遭遇挑战等问题。水产养殖业可持续发展就是要平衡水产养殖系统的基本功能,实现综合效益的最大化,关键是要解决“粮食”生产与价值增值、环境保护与价值增值的矛盾。中国水产养殖产业肩负着保障未来全国16亿人口食物安全的重任,即食物生产的任务,同时,该产业的发展还要遵循市场经济规律。因此,水产养殖业的发展离不开政府的引导和支持。[中国水产科学,2009,16(5): 798-805]

关键词: 水产养殖; 系统功能; 可持续发展

中图分类号: F307.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2009)05-0798-08

中国是世界上唯一水产养殖产量超过捕捞产量的国家,2007年中国水产养殖产量为3 278万 t,占渔业总产量的69%,约为世界养殖总产量的70%^[1-2]。中国的水产养殖业在确保中国食物安全、丰富居民菜篮子和提高中国创汇水平等方面都做出了重要的贡献。

但是,随着水产养殖业持续快速发展,不同层次的问题也逐渐显现出来。国内学者已从各自关注的领域,例如养殖环境、综合养殖、设施养殖、营养与饲料、产品质量、病害、新品种引进、政策扶持等方面,对中国水产养殖业的可持续发展进行了论述,这些

论述对强化人们的可持续发展理念起到了积极的作用。作者认为,水产养殖业可持续发展的内在逻辑或根本问题是水产养殖系统的基本功能得到有效实现。本文将针对水产养殖系统功能实现上存在的问题探讨水产养殖产业可持续发展问题。

1 水产养殖系统的3种基本功能

水产养殖系统具有三大基本功能,即食物生产、价值增值和环境维持。这三大功能是一个对立统一的有机整体(图1),各种功能的协调平衡是水产养殖业可持续发展的保障。

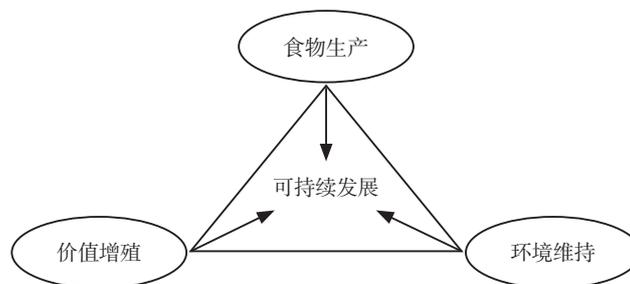


图1 水产养殖系统的功能及其关系

Fig. 1 Functions of aquaculture system and the relationships among them

收稿日期: 2009-05-19; 修订日期: 2009-06-20.

作者简介: 董双林(1956-),男,教授,博士,主要从事水产养殖生态学研究. E-mail: dongsl@ouc.edu.cn

回顾历史,3 100多年前中国开始的小规模池塘养鱼和欧洲11世纪末出现的池塘养鱼都是为食用而进行的生产活动,罗马的僧侣有时还会将多余的养殖鱼类施舍给周边的贫民^[3]。那时的水产养殖系统仅是为生产食物而建立的简单的生产系统。

后来,随着池塘养鱼规模的扩大,所生产的水产品除供自己享用外还有了一定的剩余,水产品进行以物易物的交换和买卖就成了自然而然的行为。自那时起,水产养殖就不再仅仅是一种单纯的食物生产活动,其又具有了经济活动(价值增值)的功能。

在过去几千年的绝大多数时间内,水产养殖规模并不大,整体而言,那时的粗放型的水产养殖活动对养殖水体的水质或周边环境并没有产生明显的影响。自20世纪70年代开始,由于水产科技的进步,一些集约化养殖方式规模化发展起来,养殖产量空前提高,超水体环境负荷养殖的案例时常出现,水产养殖的水质安全和对环境的负面影响也开始引起越来越多人的关注^[4-5]。人们逐渐认识到,水产养殖系统具有维持养殖生物的生活环境并保障安全的功能,同时,其又是大生态系统的一部分,与其周边环境有着复杂的相互作用关系^[6-7]。

与其他养殖业有所不同的是,水产养殖既有直接养殖(栽培)植物的生产方式,也有将植物蛋白转化为动物蛋白的养殖方式,还有将低值动物蛋白转化为高值动物蛋白的养殖方式。水产养殖业可持续发展就是平衡发挥水产养殖系统的3个基本功能,在维持良好环境的前提下,实现食物生产和价值增值综合效益的最大化。目前,有些养殖方式在协调发挥水产养殖系统的这三重功能上距可持续发展的要求还有较大差距。

2 水产养殖系统在功能实现上存在的问题

2.1 食物生产功能的弱化

2.1.1 从国际粮食恐慌看水产养殖产业的定位

2008年春季之后全世界人们对粮食短缺的恐慌已被对国际金融风暴的恐惧所替代,但是,细究国际粮荒出现的原因,对确定水产养殖业的功能定位和探寻

可持续发展之路会大有裨益。

2008年3月27日到4月17日,作为国际米价标杆的泰国B级大米出口报价从580 \$/t飞涨到1 000 \$/t^[8]。与此同时,世界主要稻米生产国为保证内需、稳定粮价,纷纷颁布大米出口禁令。一时间粮食恐慌笼罩在全球约8.5亿不足温饱的人们和一些粮食并不富裕国家人们的头上。造成粮食价格大涨的直接原因是2007年世界粮食储备已降至30年以来的最低点,各国面临粮食短缺的隐忧。除全球气候变化因素外,更重要的原因是一些国家,特别是发达国家,为日益加剧的能源危机而采取的特殊能源战略。

为应对未来的能源危机,美国农业部和能源部2008年10月联合制定了“国家生物能源行动计划(National Biofuels Action Plan)”。依此计划,美国将在2022年以前将1/4的玉米产量用于生产乙醇;到2050年,生物质能源将占总能耗的50%^[9]。2008年3月欧洲理事会也通过了一项新能源政策,该政策包括生物质能行动计划等。欧盟也计划在2020年以前使生物能源的使用比例达到10%以上^[10]。

有些资料称,中国粮食的自给率达95%^[8],但2007年中国进口大豆3 100万t,中国的食用油的2/3依赖于国际市场^[11]。应该看到,近些年中国粮食安全状况发生了很大的变化,比较一下1996年和2007年这两个丰收年的数据就可清楚这点。这两年全国粮食产量均超过5亿t,但这11年间中国人口净增了9 000多万,人均粮食也从414 kg^[12]下降到380 kg^[13]。中国人均耕地面积仅为世界平均水平的1/3,且目前仍以年均近1 000万亩(约合67万hm²)的速度递减,同时中国的人口还在增长。即使不考虑自然灾害因素,几十年后中国16亿人口的食物安全问题应该引起足够的重视。

中国有300万km²的管辖海域和广阔的内陆水域,人们寄期望这些水域成为中国未来的“蓝色粮仓”。水产养殖应该成为大农业的重要组成部分,应该是生产“食物”的产业。但是,遗憾的是,国际和国内水产养殖业发展的趋势已开始引起人们的关注和担忧。

2.1.2 国际水产养殖业中的“耗粮黑洞” 2001年全球水产养殖的产量为4 840万t,其中天然肉食性鱼类占7.0%,杂食或腐食性的甲壳动物占4.1%,天然杂食和草食性鱼类占31.3%,滤食性鱼类、贝类、水生植物占57.2%。总体而言,养殖实践中利用动物性饵料或配合饲料投喂养殖的产量估计占37%(Tacon, 2004)¹⁾。这37%的水产品在养殖过程中会消耗大量的鱼粉、鱼油和精饲料。

2002年世界一些大宗水产养殖动物,如鳟、对虾、鲑、海水鱼类和鳗鲡等都是生产过程中投入的蛋白质多于产出的蛋白质,它们的鱼粉投入比率(消耗捕捞鱼量/养殖生产鱼量)分别为1.40、2.05、2.13、3.84和4.41^[14]。养殖上述动物的产业仅是将低值蛋白转化成了高值蛋白,并不净生产“食物”,相反,它们是净消耗动物蛋白的养殖方式。

据报道^[14],2001年世界捕捞的渔获物为9 600万t,其中32%被用作生产鱼粉,生产的鱼粉有48%被

水产养殖所消耗,且主要是用于海水养殖。2001年国际水产养殖生产的动物产品是4 000万t,但其以消耗1 700万t捕捞产量(制成鱼粉)为代价。

世界渔业的发展有2个明显的趋势,即捕捞的鱼类营养层次越来越低,养殖的鱼类营养层次越来越高^[15]。这样的趋势如果继续下去,就会使水产养殖业消耗越来越多的鱼粉、鲜杂鱼和精饲料。

2.1.3 悄然变化着的中国水产养殖结构 中国水产养殖业的格局与世界其他渔业发达国家有所不同,我国海水养殖产品主要为不需要投饲的滤食性贝类和大型藻类,需要投饲养殖的海水鱼类和甲壳动物仅占12.3%(表1)。中国养殖的淡水鱼类如鲢、鳙、罗非鱼和草鱼属于滤食性或草食性鱼类,它们可以有效地利用水体的天然饵料。因此,中国目前的水产养殖种类营养层次总体上较低,生态学效益较高,受到了国际社会的广泛赞誉,为人类的食物安全作出了重要贡献^[16]。

表1 2007年中国各类水产养殖产品的产量和比例^[1]
Tab. 1 Fisheries production and composition of China in 2007^[1]

类别 Classification	海水养殖 Mariculture		内陆水产养殖 Inland culture	
	产量/ $\times 10^4$ t Production	%	产量/ $\times 10^4$ t Production	%
鱼类 Fish	68.8	5.3	1751	88.8
甲壳类 Crustacean	91.9	7.0	167.3	8.5
贝类 Mollusks	993.8	76.0	21.1	1.1
藻类等 Algae	135.5	10.4	0.7	0.0
其他 Others	17.1	1.3	30.6	1.6
合计 Total	1307.1	100	1971	100

过去17年(1992–2008)的《中国渔业年鉴》数据表明,中国水产养殖集约化程度正在迅速提高,养殖的“名、特、优、新”品种不断增加,养殖规模也不断扩大,这直接导致中国水产养殖种类的营养层次总体上快速提高(图2),消耗的饲料也随之增加。例如,1998年到2007年的10年间中国海水养殖产量和内

陆水产养殖产量都增加迅速,同时,海水养殖中肉食性的鱼类和甲壳动物产量从占海水养殖产量的6.1%升至12.3%,内陆水产养殖中滤食性的鲢、鳙产量却从占内陆养殖产量的35.6%降至26.4%。由此可见,无论是海水养殖还是内陆水产养殖,中国利用饲料(饵料)养殖的水产动物的绝对量和相对比例都在快

1) Tacon A G J, 2004. Contribution of aquaculture to global food supply: An overview[R]// Report of Expert Consultation on Improving Information on Status and Trends of Aquaculture at FAO.

速增加。另外,在中国,罗非鱼和养殖产量最高的草鱼已被广泛地进行投颗粒饲料养殖。因此,中国有多高比例的养殖动物消耗鱼粉和精饲料,的确已无

法考究。但是有一点可以肯定,中国水产养殖结构正在变化,该产业食物净生产的功能正在被削弱。

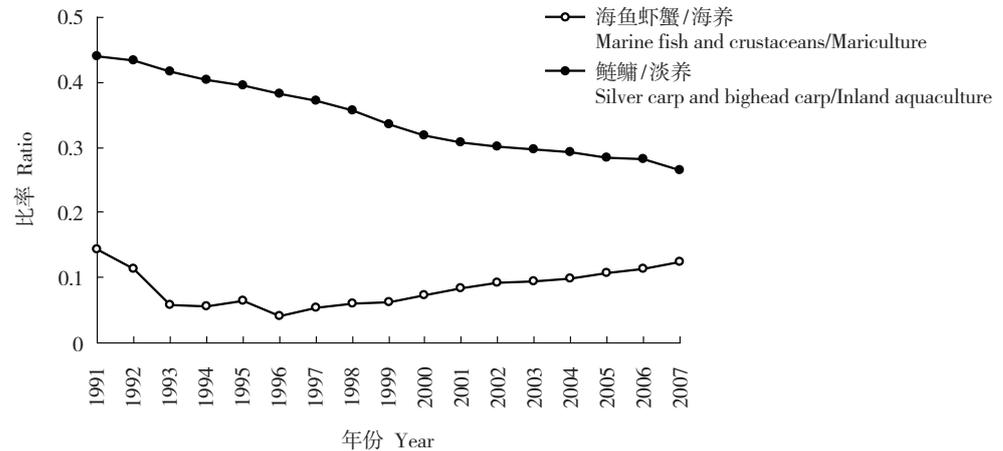


图2 海养鱼虾蟹占海水养殖产量的比率和鲢鳙占淡水养殖产量比率的变化(数据来源于1992-2008年的中国渔业年鉴)

Fig. 2 Changes of the ratio of sea water fed fish and crustacean and mariculture production and the ratio of silver carp and bighead carp and inland aquaculture production (Data come from Fisheries Yearbooks of China from 1992 to 2008)

2.2 价值增值功能遇到阻力

在市场经济条件下,现代水产养殖系统还必须具有价值增值功能,没有经济效益的水产养殖方式不可能存在和发展。近些年来,水产养殖使用的鱼粉、能源价格持续上涨,一些品种的养殖成本在持续上涨,但水产品的售价并没有明显提高,有些品种甚至还在持续下降。2008年下半年开始的金融危机使得鱼粉、能源价格有了大幅回落,但鱼粉、石油短缺必然还会使其价格再度大幅回升。近二十年来,国际大西洋鲑养殖的成本在迅速下降,但销售价下降更快,其利润空间就越来越小^[17]。近几年,对虾的价格在日本和美国市场也是持续走跌^[2],这2个靠大量鱼粉投入的养殖产业的市场竞争优势在削弱。

水产养殖产品的价格受到养殖成本、供求关系和饮食文化的共同影响。中国水产品供给已由总量短缺转变为结构性过剩,伴有地域性和季节性的供求不平衡性^[18]。由于水产品结构性市场饱和,大众化养殖种类的价格将趋于稳定,人们对养殖“名、特、优、新”种类和海水鱼的需求已成为水产养殖业发

展的重要驱动因素。由于“名、特、优”(高品质)和海水鱼养殖种类几乎都是投饲(消耗鱼粉)养殖的种类,尽管在市场上一个新开发的品种具有价格优势,然而一旦其养殖技术成熟并具一定规模之后,其养殖成本会随鱼粉和能源价格走高而走高,其利润空间也将会变小。中国的水产养殖产业也因此走上了不断开发新养殖品种的怪圈。

2.3 环境维持功能遭遇挑战

水产养殖系统是维持养殖生物生存、生长的环境,也是整个大生态系统的一部分,大生态系统的承载力决定着水产养殖发展的规模。从水产养殖生态系统能量的来源看,一些养殖系统(如海带养殖系统、扇贝筏式养殖系统、滤食性鱼类的放养系统等)的能源主要来自直接的太阳辐射,可称为“自养型”养殖系统;而另一些养殖系统(如吃食性鱼类网箱养殖系统、工厂化养鱼系统)的能源主要来自饲料,称为“异养型”养殖系统^[19]。前一类养殖系统可减轻大生态系统的营养物负荷,而后一类养殖系统则会增加大系统的营养物负荷。水产养殖业的首要功能

应该是食物生产,其没有解决水域环境污染的天职,但养殖水体的水质应保障养殖生物的生长,而且零排污或复合养殖系统(如鱼与藻类间养等)的零排污应该是对它的基本要求。然而,一些养殖方式的自身污染和对邻近环境的影响已不容忽视。

发展迅速的鲑网箱养殖和对虾养殖对环境的污染十分显著,并开始遭到人们的抨击^[7,14]。目前,国际上关注的水产养殖对环境的污染主要是来自集约化养殖系统的污染。的确,集约化水产养殖方式有诸多优点,但同时其也有很多缺点。随着集约化程度的提高,新技术得到广泛应用,养殖系统产量大幅度提高,占地面积大大减小,直接的经济效益可能也会大幅度增加。同时,随养殖系统集约化程度提高,人力、电力和物质投入都相应增加,特别是随着饲料投入的增加,其环境风险也相应增加^[20]。高度集约化水产养殖系统对天然初级生产力几乎不再利用,由于养殖动物在饲料转化过程中的损失,这类系统几乎都是“耗粮”系统。许多高度集约化水产养殖系统不再依赖生态系统对水质的自然调节作用,因此,能耗也大大增加。如果处理不当,高度集约化养殖系统排出的残饵、粪便和代谢产物对养殖水体环境和支撑其发展的大生态系统都会有显著的负面影响。

中国水产养殖向集约化方向发展势头迅猛,其主要推动力来源于直接的经济效益。由于中国还缺乏对水产养殖排污的有效监测和相应的排污费(税)征收法规,一些集约化的养殖场或水域并没有配备应有的污染物处理设施,有些养殖场建设了养殖污染物处理设施,但没有实质性启用。有效监测和相应法规上的缺失致使一些集约化养殖的从业者或企业并没有对邻近环境产生的污染承担任何责任,并使一些集约化养殖呈现出不真实的经济效益。

尽管国际上发展迅速的一些集约化养殖方式,如鲑鱼网箱养殖和对虾养殖,还存在养殖鱼类逃逸造成基因污染、病源传播和红树林破坏^[21]等问题,而且这些问题在一些海域危害很大,但这些并不是这些水产养殖方式必然的后果。作者认为,只要措施到位,上述问题完全可以避免。

3 水产养殖产业的可持续发展需要基本功能间的平衡

水产养殖业可持续发展就是平衡水产养殖系统的基本功能,实现综合效益的最大化。就当代而言,实现综合效益最大化的难点是解决“粮食”生产与价值增值、环境保护与价值增值这两对矛盾。

3.1 食物生产与价值增值的平衡

水产养殖业属于农业,其第一功能应该是食物生产。2001年尽管水产养殖消耗了1 700万t的捕捞产量用作饲料,但总体上其净生产动物产品2 800万t、植物产品1 200万t^[14]。因此,总体上目前其仍然是一个净生产“食物”的产业。

2007年中国渔业总产量为4 747万t,专家估计,2020年中国水产品的产量将增加到6 170万t^[22],到2030将达到7 260万t^[23],且主要来自水产养殖。也就是说,13年和23年后中国对水产品产量增加的1 423万t和2 513万t产量将会主要来自水产养殖。如果仍按养殖产量中有37%来自投饲养殖,那么将有527万t和930万t来自投饲养殖产品。如果鱼粉投入比率仍按1.31计算,那么,新增消耗用于生产鱼粉的捕捞鱼类产量将会达690万t和1 218万t。需要指出的是,随着技术水平的提高鱼粉投入比率会下降;同时,随着水产养殖集约化水平的提高投饲养殖的比例还会增加(图2);因此,上述计算简单地视作两者相抵,最终的结果出入不会很大。2001年世界用于生产鱼粉的捕捞产量为2 200万t^[14],而且近些年来世界鱼粉生产量总体上变化不大^[22]。因此,在家禽养殖使用鱼粉量逐渐减少、水产养殖技术持续进步、养殖结构不断优化的情况下,中国2020年的水产养殖预期产量是可以实现的,但是2030年的预期目标靠现在的发展方式则很难实现。

在全球能源短缺、鱼粉供需矛盾日益加剧的背景下,水产养殖业可持续发展的首要任务是既扩大养殖规模又要提高产品品质,依靠科技进步实现食物生产与价值增值的平衡。现代经济增长的根本驱动力在于技术进步,只有当水产养殖的生产要素不仅包括劳动、水体和资本,还包括有技术、工程师和信息

时,中国的水产养殖业才算发展到科学化程度较高的现代生产方式,才可由外生增长演进到内生增长^[24]。

在具体的操作层面,需要开发新的水产养殖蛋白源,如南极磷虾资源、鱼粉替代品等,以维持更多“异养型”高端产品的养殖;提高饲料的利用效率,特别是提高肉食性养殖动物对植物蛋白的利用率,并最大限度地减少植物食性(如草鱼)、杂食性养殖动物(如罗非鱼)对鱼粉和精饲料的消耗;优化水产养殖产业结构,优先扩大“自养型”养殖的规模,并着力提高其品质和食用安全性(如单体牡蛎和牡蛎净化等);优先开发海水低营养层次(如滤食性)鱼类的养殖;优化养殖模式、培育新品种、科学防病等都可提高生产力,促进价值增值。

为保障水产养殖可持续发展,除养殖业本身需要技术进步之外,还需要推广水产品消费文化,以扩大内陆地区对水产品的消费;加强水产品安全生产管理,以增强人们对水产品的消费信心;延长产业链,如开展游钓、观赏鱼、生态旅游、开发高值产品等,以促进产业价值增值。扩大需求是促进产业发展,促进价值增值的关键措施。

3.2 环境保护与价值增值的平衡

历史上人们对大规模的生产活动就存在2种极端的态度:一是倡导一种简单、和谐的生活,二则是想通过理性的实践和艰苦的劳动实现对自然的征服^[25]。这2类观点现在仍然以“环境悲观论”和“经济乐观论”的形式争论着^[26]。为寻求“可持续发展”而采用原始的低级的生产方式是不可取的态度,但采用先污染后治理来发展生产也是不可取的态度。进入21世纪,人类需要一种经济系统和生态系统两者的结构和功能有机结合的发展模式。

忽视环境问题去追求利润的最大化的产业必然导致自身的不可持续。环境零污染的水产养殖技术是社会急需的并能解决环境保护与价值增值矛盾的关键技术。“自养型”的养殖模式和多营养层次复合养殖技术可避免养殖系统的自身污染。环保型饲料的应用、高饲料利用率等技术可减少养殖排污。养殖水循环利用等技术可处理养殖废水。作为权宜之策,

开展离岸设施养殖,利用海洋系统的天然自净能力可避免养殖造成的近岸环境问题。中国传统的桑基鱼塘的养殖方式,现代的贝藻间养为人类树立了以疏代堵、实现环境保护与价值增值相平衡的典范^[27]。

为了水产养殖产业结构的优化和可持续发展,应尽快颁布相关水产养殖排污管理法规,让商品价格包括其环境成本。鼓励对养殖废水处理、循环使用,引导水产养殖产业的各种养殖方式进行有序竞争。

4 展望

水产养殖产业肩负着未来中国16亿人口食物安全的重任,同时,该产业的发展还要遵循市场经济规律。因此,水产养殖业的发展离不开政府的引导和支持。

长期以来,水产养殖业在稳定大农业粮食生产与需求方面发挥着重要作用。自古以来,粮贱伤农粮贵也伤农。粮多一些则卖粮难、储备难,价格暴跌,粮食短缺则人心恐慌,价格暴涨。水产养殖业所具有的“粮食”生产和饲料粮转化的双重功能可增进粮食供需的弹性,丰年“吸”粮,欠年“吐”粮,因此,适时调整水产养殖业的结构就可构建一个良好供需缓冲机制和价格稳定机制。

就目前发展趋势预测,粮食危机或早或迟、或短期或长期地还会再来威胁人类,人们期待着“蓝色粮仓”能帮助我们度过难关,也期待着水产增殖业(大水域增殖、海洋牧场)和海洋捕捞业助我们一臂之力。

3000多年前,中国首先进行了池塘养鱼,并誉为水产养殖的摇篮。历史上,勤劳、智慧的中国人民发明、实施了稻田养鱼(生态养殖)、鱼类池塘混养(多营养层次综合养殖)、桑基鱼塘(循环经济)模式。新中国成立后,四大家鱼人工繁殖成功、大水域鱼类放养、海水养殖形成的三次浪潮等使中国成为世界第一水产大国,并创造了养殖超过捕捞的奇迹。面对当前严峻的形势,当代水产人也应该有所作为。

致谢:中国水产科学研究院的李杰人研究员,中国海洋大学的潘克厚教授、权锡鉴教授、韩立民教授、

慕永通教授和罗福凯教授在成文过程中提出了许多宝贵的建设性意见,在此表示由衷的感谢.

参考文献:

- [1] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴2008 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [2] FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2006 [R]. Rome: FAO, 2007.
- [3] Pillay T V R, Kutty M N. Aquaculture: Principles and Practices [M]. 2nd edition. Blackwell Publishing, 2005.
- [4] 李德尚. 水库对投饵网箱养鱼负荷力的研究方法 [J]. 水利渔业, 1992, 3: 3-5.
- [5] 刘建康. 东湖生态学研究(二)[C]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [6] Gowen R J, Bradbury N B. The Ecological impact of salmonid farming in coastal waters: A review [J]. Oceanogr Mar Biol Ann Rev, 1987, 25: 563-575.
- [7] ICES. Report of the working group on environmental interactions of mariculture [R]. Denmark, ICES: Copenhagen, 1998.
- [8] 尹昌斌. “石油农业”时代的粮食安全[J]. 农村工作通讯, 2008, 15: 18-19.
- [9] Biomass Research and Development Board. National Biofuels Action Plan [R/OL]. 2008, <http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/nbap.pdf>.
- [10] 中华人民共和国驻欧盟使团. 欧盟批准生物能源行动计划 [Z/OL]. 2008, <http://www.fmprc.gov.cn/ce/cebe/chn/omdt/t240905.htm>.
- [11] 李全根, 兰莹. 建立健全食油安全保障体系及其运作机制 [J]. 中国粮食经济, 2008, 10: 12-15.
- [12] 邱斌, 刘欣. 中国未来粮食安全政策研究 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (5): 2 069-2 071.
- [13] 国家发展改革委员会. 国家粮食安全中长期规划纲要(2008—2020年), 2008.
- [14] Naylor R L, Burke M. Aquaculture and ocean resources: Raising tigers of the sea [J]. Annual Review of Environment and Resources, 2005, 30: 185-218.
- [15] Caddy J F, Csirke J, Garcia S M, et al. How pervasive is “fishing down marine food webs”? [J] Science, 1998, 282: 1 383-1 384.
- [16] 中国水产科学研究院. 布朗: 中国对世界的贡献是计划生育和淡水渔业 [J]. 海洋与渔业, 2008, (6): 8.
- [17] Tacon A G J. State of information on salmon aquaculture feed and the environment [R]. Reports in salmon aquaculture dialogue. WWF US, 2004.
- [18] 孙琛. 中国水产品市场分析 [D]. 中国农业大学博士学位论文, 2000.
- [19] 董双林, 李德尚, 潘克厚. 论海水养殖的养殖容量 [J]. 青岛海洋大学学报, 1998, 28 (2): 245-250.
- [20] Tacon A G J, Forster I P. Aquafeeds and the environment: policy implications [J]. Aquaculture, 2003, 226: 181 - 189.
- [21] 董双林, 潘克厚, Brockmann U. 海水养殖对沿岸生态环境影响的研究进展 [J]. 青岛海洋大学学报, 2000, 30 (4): 575-582.
- [22] Delgado C L, Wada N, Rosegrant M W, et al. Fish to 2020: Supply and Demand in Changing Global Markets [R]. The international food policy research institute (IFPRI), 2003.
- [23] FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture [R]. Rome: FAO, 2002.
- [24] Romer, P. Endogenous technological change [J]. J Politic Econ, 1990, 98: 71-102.
- [25] 唐纳德·沃斯特. 自然的经济体系—生态思想史 [M]. 侯文蕙译. 北京: 商务印书馆, 1999.
- [26] 徐中民, 张志强, 程国栋. 生态经济学理论方法与应用 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003.
- [27] 叶显恩, 周兆晴. 桑基鱼塘: 生态农业的典范 [J]. 珠江经济, 2008, 7: 91-96.

On sustainable development of aquaculture: A functional perspective

DONG Shuang-lin

(Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: Aquaculture system plays 3 basic functions, viz. food producing, value increasing and environment maintaining, however, aquaculture industry worldwide are being challenged by weakening in food producing, drudging in value increasing and deteriorating in water environment. The key steps for sustainable development of aquaculture industry are balancing the contradictions between food producing and value increasing, and between environment maintaining and value increasing. Chinese aquaculture industry will undertake part of the food security mission of 1.6 billion Chinese people, meanwhile, it will also develop following the market rules. Therefore the development of Chinese aquaculture industry requires support and guide by government. [Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16 (5): 798–805]

Key words: aquaculture; systemic functions; sustainable development

欢迎订阅2010年《水产学报》

《水产学报》是由中国科协主管、中国水产学会主办、上海海洋大学承办、科学出版社出版的以反映我国水产科学技术成果为主的学术性刊物。1964年创刊,为中文核心期刊,2002–2009年荣获“百种中国杰出科技期刊”称号,2006–2008年连续获中国科协“精品期刊工程项目(C类)”资助,2009年获中国科协“精品科技期刊示范项目(B类)”资助。

本刊主要刊载水产基础研究、水产养殖和增殖、水产品病害防治、渔业水域环境保护、渔业资源与管理、水产品保鲜加工与综合利用等方面的研究论文、研究简报和综述。

为了不断扩增学报刊载信息量,提高论文时效性,《水产学报》将于2010年起由双月刊变更为月刊,每期180页,每期订价49.00元,全年订价588.00元。国内统一刊号:CN 31–1283/S,国际标准刊号:ISSN 1000–0615,国内邮发代号:4–297,国外发行代号:Q–387。读者可在当地邮局办理订阅,破季、漏订或补订均可直接与编辑部联系。个人订户可享受6折优惠。

编辑部地址:上海市临港新城沪城环路999号201信箱 邮编:201306

联系人:张美琼 联系电话与传真:021–61900227

E-mail: mqzhang@shou.edu.cn; jfc@shou.edu.cn

Website: www.scxuebao.cn