

# 中国大菱鲂养殖二十年成就和展望

雷霖 刘新富 关长涛

(青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室 黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要: 菱鲂 (*Scophthalmus maximus*) 具生长速度快和低温耐受性强等特点, 是世界上养成范围最广、产量最大的鲆鲽类养殖良种。自 1992 年引进至今, 大菱鲂养殖目前已经发展成为年产量超过 6 万吨的我国海水养殖支柱产业。本文综述过去二十年间我国大菱鲂在产业规模、苗种生产、良种选育、养殖模式、营养与饲料、疾病防控、加工和质量控制以及市场和养殖经济等方面取得的研究和产业成就, 并就发展前景进行了展望, 旨为我国大菱鲂和鲆鲽类养殖的可持续化发展提供参考。

关键词: 大菱鲂 养殖 产业 综述

大菱鲂 *Scophthalmus maximus* 原产于大西洋东北沿岸, 是世界性鲆鲽类主养品种之一, 养殖范围遍布亚洲、欧洲和南美洲十几个国家<sup>[1]</sup>, 2010 年养殖总产量达到 68890 万吨<sup>[2]</sup>。1992 年由中国水产科学研究院黄海水产研究所首先引进中国, 经过产、学、研以及沿海各级政府的不懈努力, 高起点突破了育苗与养殖关键技术, 使工厂化养殖在环渤海三省一市沿岸得到迅猛发展。二十年来, 大菱鲂以其瞩目的成就展现出海水良种养殖的优势地位, 工厂化养殖规模居全球之首, 引领和推动了我国第四次海水养殖产业化浪潮的兴起, 使沿海大片闲置的盐碱荒滩变成海水鱼类工厂化养殖的宝地。与此同时, 解决了大批渔农民转产就业问题, 有力地拉动了沿海“三农”经济的发展, 也为我国海水鱼类工厂化养殖向工业化养殖转型升级奠定了理论和技术基础。本文就大菱鲂引进 20 年来的研究成就以及发展前景进行回顾和总结, 旨在为大菱鲂养殖以及其他海水养殖产业在我国的可持续发展提供借鉴。

## 1 研究成就

### 1.1 产业发展

大菱鲂 1992 年以稚鱼的形式引进我国, 1996 年由引进苗种培育的亲鱼初次达到性成熟, 获得人工采卵的成功, 并培育出少量苗种, 1998 年实现苗种规模化培育的突破, 同时创立了“温度大棚+深井海水”的工厂化养殖模式; 1999 年下半年首批试养大菱鲂成鱼开始陆续在上海、广州和深圳等经济发达城市上市, 深受欢迎, 价格最高飙升到 800 元/kg。优厚的养殖回报, 吸引了大批投资者从事大菱鲂养殖, 产生了较强的辐射带动作用。养殖区域首先从山东莱州开始, 迅速扩大至山东全省, 以后又扩展到河北、辽宁、天津、江苏和福建等沿

海省份。产业规模急速扩增，至 2005 我国大菱鲆养殖产量已经达到 5 万吨，占世界养殖总量的 87.5%，成为世界大菱鲆养殖第一大国。其后受 2006 年 11 月上海“多宝鱼风波”事件的影响，当年养殖产量大幅下落至 4 万吨以下。在研究所、地方政府和企业界的共同努力下，总结了产业发展过程中暴露出来的问题和经验教训，于 2007 年产业规模得到恢复，此后进入平稳发展期时期，2010 年产量达到 6 万吨，占世界总产量的 87.1%(图 1, 数据来源 FAO<sup>[2]</sup>)，目前养殖大菱鲆的市场价格为 50~80 元/kg。

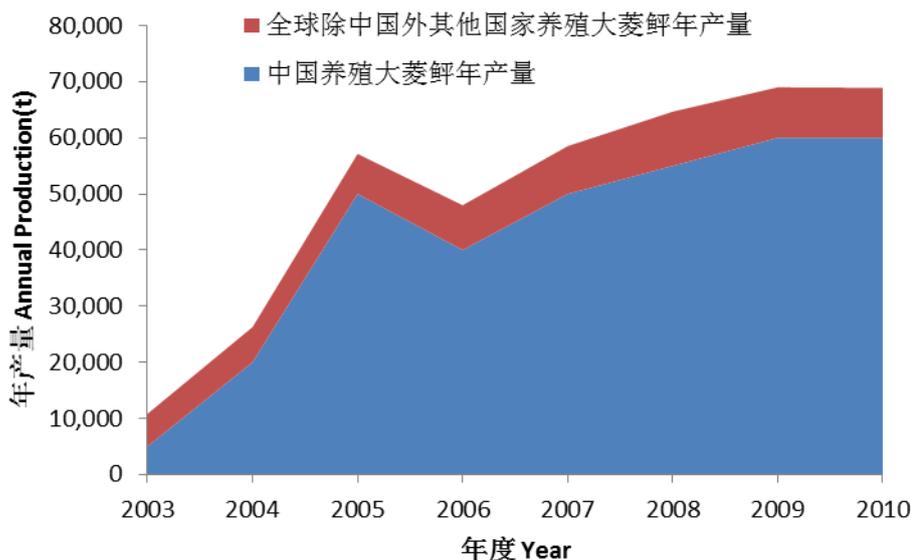


图 1 2003~2010 年中国及全球除中国外其他国家养殖大菱鲆年产量

Fig. 1 The aquaculture productions of turbot in China and other global culture countries excluding China.

## 1.2 苗种培育

大菱鲆仔稚鱼早期容易受培育环境中多种有害细菌的影响，死亡率较高<sup>[3]</sup>。欧洲从上一世纪 70 年代末开始研究其小水体集约化苗种培育技术，迄今已经超过 30 年，但是生物饵料消毒和早期培育微生物环境控制等问题仍然没有得到有效解决，育苗成活率不稳定，规模化育苗的平均成活率仅为 20% 左右（孵化后 90 日龄，体质量 1~2g），全欧洲苗种年产量只有 1000 万尾左右，基本可以满足欧洲大菱鲆养殖产业的需求<sup>[4]</sup>。

大菱鲆引进中国以后，黄海水产研究所立即启动与企业合作的育苗计划。虽然大菱鲆的繁殖技术难度较大，又有欧洲专利的封锁，但是我们坚持走自力更生的道路，经过 7 年攻关，为大菱鲆建立起包括亲鱼驯化培育、繁殖调控、生物饵料高密度培养、营养强化和早期仔稚鱼培育等一整套工厂化育苗技术体系<sup>[5-8]</sup>，从 1999 年开始在山东沿海应用该项技术，苗种年产量超过 100 万尾，但远不能满足产业快速发展的需求，2000~2004 年每年还需要从英国

和法国等国家进口约 300~400 百万尾左右。2005 年以后，随着国内苗种培育技术的普及以及育苗企业的增多，国产苗种年产量已经猛增至 6000 万尾以上，基本满足了国内大菱鲆养殖业的需求<sup>[9]</sup>。此后，大菱鲆苗种生产与养殖业同步进入到平稳发展阶段。目前年产量接近 2 亿尾，产地主要集中在山东省，占全国苗种生产总量的 90% 以上（见表 1，数据来源国家鲆鲽类体系年度报告）。

表 1 2009~2011 年国内从事大菱鲆苗种生产的场家数量、育苗面积和育苗产量

Table 1 The numbers of hatchery, tank area in square meters and individuals of seeds of turbot produced from 2009 to 2011 in China.

年份	省份	育苗场家 (家)	育苗面积 (m <sup>2</sup> )	育苗产量 (万尾)
2009	山东	142	260200	11783
	辽宁	4	6700	710
	河北	4	10940	1356
	天津	5	2560	604
	合计	155	280400	14453
2010	山东	78	208500	17198
	辽宁	4	9000	695
	河北	4	7500	416
	天津	8	2443	586
	合计	94	227443	18895
2011	山东	83	227300	18083
	辽宁	7	17800	762
	河北	1	3000	500
	天津	8	3600	558
	合计	99	251700	19903

备注：2010 年和 2011 年山东省育苗场家数量不全，统计数量约少 30 户左右。

大菱鲆育苗技术体系的建立，对我国北方海水鱼类工厂化育苗技术的进步与发展产生了深远影响。大菱鲆引进以前，我国北方海水鱼类工厂化苗种繁育技术，虽然经过自上世纪 50 年代后期至 80 年代末期的长期积累和发展，少数品种（如真鲷、黑鲷、红鳍东方鲀和牙鲆等）的繁育技术已经基本成型<sup>[10]</sup>，但是，由于缺乏成熟养殖产业的带动和支撑，这些品种的苗种繁育大多停留在试验和中试阶段，工厂化育苗生产所需的许多配套生产资料，如生物饵料强化剂、微颗粒饲料等，国内都十分匮乏，严重制约了海水鱼类苗种培育技术的产业化发展。大菱鲆引进以后，稳定的苗种需求和早期优厚的利润回报（全长 10cm 苗种历史最高价格达到 30 元/尾），吸引了大批企业和技术人才从事大菱鲆苗种生产，掀起了近百家企业根据各自的设施条件和技术优势进行大菱鲆等海水鱼类育苗技术创新的热潮，同时带动了

土池和高密度生物饵料培养、专用微颗粒饲料以及强化剂的研发和生产等行业的发展。目前,我国大菱鲆苗种生产已经形成极具中国特色的苗种生产体系,整个产业链基本实现了系列化、专业化生产和社会化经营,主要由生产受精卵、土池培育轮虫和工厂化苗种培育 3 种专业生产企业以及浓缩小球藻、配合饲料、益生菌、营养强化剂等生产资料供应商和苗种运输等服务单位构成,产业分工明确,有效地提高了育苗成活率和降低了生产成本,苗种价格也由产业发展初期高达 30 元/尾,逐渐降低和稳定在 1.5~3.0 元/尾,有效地保证了国内大菱鲆养殖产业有充足的质优价廉的苗种供应,同时带动了其他鱼类苗种生产的发展。

### 1.3 良种选育

大菱鲆属于外来品种,由于种源缺乏和遗传多样性单一<sup>[11, 12]</sup>,加之早期国内众多育苗厂家育种意识相对薄弱,亲鱼繁殖管理技术缺乏,长期累代养殖和近亲交配导致的种质退化现象日趋明显。从“十一五”开始,国家开始陆续立项支持大菱鲆良种选育和性别控制技术研究,旨在选育出具有生长快、抗逆性强等性状的新品种,为国内大菱鲆养殖业的持续发展提供保证。

对亲本遗传背景的了解是良种选育的基础,国内大菱鲆苗种和亲鱼的引进来源主要有英国、法国、丹麦、挪威 4 个国家,另外,还有少量苗种来自西班牙和智利。侯仕营<sup>[13]</sup>等利用微卫星分子标记对引自英、法、丹麦和挪威 4 个国家的大菱鲆群体的遗传结构进行了分析,发现这 4 个不同地理群体间的遗传多样性差异不显著,但是 4 个群体内具有一定的遗传分化和较好的遗传多样性,适合作为大规模家系选育的基础群体。尽管这 4 个不同引进大菱鲆地理群体间的遗传分化不显著,但是生长特性<sup>[14, 15]</sup>和外部形态特征<sup>[16]</sup>却有差异,其中法国与英国、丹麦与挪威群体之间的生长特性和外部形态特征差异不明显,但是法国-英国与丹麦-挪威两组群体间差异明显。不同地理种群间的这种生长特性和形态特征的差异,使不同养殖群体间的杂交成为大菱鲆遗传改良的一条有效途径<sup>[17][18]</sup>,黄海水产研究所通过种内杂交(丹麦♀×法国♂)选育的新品种“丹法鲆”,与普通苗种相比,收获体质量和养殖存活率分别提高 24%和 18%,2010 年通过了全国水产原种和良种审定委员会的审定(农业部第 1563 号公告,品种登记号:GS-02-001-2010),目前已经推广至山东、河北、辽宁等大菱鲆主产区进行养殖。

选择育种是海水鱼类良种选育的重要手段之一。国内研究人员先后对大菱鲆不同表型性状间的相关性<sup>[19]</sup>,幼鱼生长性状的遗传力<sup>[20]</sup>,稚鱼体长、存活率和白化率等性状的遗传力<sup>[21]</sup>,生长和耐高温的遗传参数<sup>[22]</sup>等进行了研究,初步建立起规模化选育家系<sup>[23]</sup>,所选育的快速生长新品系的生长率比对照系提高了 20.31%,比普通养殖群体提高了 31.44%<sup>[24]</sup>,为今后大

规模选择育种奠定了基础。另外，具有158个微卫星分子标记的第二代大菱鲆遗传连锁图谱的建立<sup>[25]</sup>，耐高温性状<sup>[26]</sup>、快速生长性状<sup>[27]</sup>、亲权鉴定和系谱构建<sup>[28]</sup>等分子标记的开发，为选择育种提供了减少环境因素干扰和提高选育效率的工具，将会加速我国大菱鲆良种选育进程。

大菱鲆雌鱼生长优势明显，20月龄时雌鱼体质量可达1.8kg，是同期雄鱼的1.8倍<sup>[29]</sup>，养殖全雌苗种可以大幅度缩短养殖周期和提高养殖效率，全雌苗种培育也成为培育良种的一个重要手段。近年来，国内外都对大菱鲆全雌苗种培育技术进行了探索，但是进展较慢，至今性别决定机制尚不明确<sup>[30]</sup>，需要借助雌核发育等技术进行研究，朱香萍等<sup>[31]</sup>对大菱鲆二倍体受精卵从胚盘形成到4-细胞期微管骨架的动态变化进行了细胞学观察，Xu等<sup>[32]</sup>、苏鹏志等<sup>[33]</sup>和孟振等<sup>[34]</sup>都对异源精子诱导大菱鲆减数分裂雌核发育进行了研究，但是目前只有孟振等<sup>[34]</sup>成功获得批量雌核发育苗种并培育至性成熟，为今后大菱鲆性别决定机制的明确和全雌苗种的培育奠定了基础。

#### 1.4 养殖模式

雷霖霖等<sup>[35, 36]</sup>于1999年首创了“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式，即在沿海滩地建设大棚，并配置深井海水形成开放式流水养殖系统，大菱鲆入池养殖12个月，体质量即可达到700g以上的上市规格<sup>[37]</sup>。由于该模式贴合国情，具有投资少、技术要求低、资金周转速度快等特点，特别适合于小户经营，顺应了沿海广大转产渔农民自主创业的需要，因而得到迅速普及和推广，并一举成为我国北方沿海鲆鲽类养殖的主体模式和支柱产业，为3800多户渔农民提供了就业机会。根据鲆鲽类产业技术体系的统计资料<sup>[38]</sup>，2010年全国大菱鲆工厂化养殖面积为464.9万m<sup>2</sup>，占大菱鲆总养殖面积的99.4%以上，主要分布在环渤海湾三省一市和江苏省，各养殖区的养殖面积分别为山东276.9万m<sup>2</sup>、辽宁157.5万m<sup>2</sup>、河北115.3万m<sup>2</sup>、天津57.1万m<sup>2</sup>和江苏13.3万m<sup>2</sup>。

在养殖水域和水温适宜的海况条件下，网箱养鱼的成本远比工厂化低得多。虽然早期尚无“陆海接力”养殖的文献可考，但2005年前后已有少数山东企业开始尝试“陆海接力”，即采用网箱短期养殖大菱鲆成鱼。从1997年开始，方永强等<sup>[39]</sup>就开始利用南北季节差异，将北方的工厂化养殖和南方的网箱养殖接力配制，尝试在福建沿海冬季利用网箱养殖大菱鲆，结果表明全长6~10cm的苗种，海经过秋末至早春5个月的网箱养殖，平均体质量可达400g左右。此后经过养殖企业和研究单位的多次尝试，证明在福建沿海12~22℃的冬季水温条件下，平均体质量168g的大菱鲆养殖3个多月即可达到商品鱼规格(平均体质量556g)，养殖成活率达到95.5%<sup>[40]</sup>。根据鲆鲽类养殖体系的调研资料，2011年全国大菱鲆网箱养殖

面积达到 156200 m<sup>2</sup> (其中山东省 31500 m<sup>2</sup>, 辽宁省 3200 m<sup>2</sup>, 福建省 120900 m<sup>2</sup>), 产量 1834 吨。

循环水养殖是水产养殖诸多模式中工业化程度最高的一种, 与流水养殖模式相比, 可节水 90% 以上, 节地高达 99%, 而且通过污水处理还可以实现节能减排、环境友好型生产, 代表了未来海水鱼类养殖的发展方向<sup>[41]</sup>。从本世纪初开始, 在科技部、农业部等国家部委和地方主管部门的资助下, 我国以大菱鲆为代表的海水鱼类循环水养殖在工艺流程<sup>[42-44]</sup>、关键设备<sup>[45-48]</sup>以及水质在线检测与报警<sup>[49]</sup>等关键技术等方面都取得长足进步, 先后在山东、天津、河北和辽宁等省构建了多套大菱鲆封闭式循环水养殖系统, 养殖效果良好, 体质量 10.4g 的大菱鲆苗种, 在平均日换水量低于 5% 的封闭式循环水系统中养殖 10 个月, 体质量即可以达到 847g, 养成密度和成活率分别高达 48.8kg/m<sup>3</sup> 和 95.7%<sup>[50]</sup>, 养殖效率和节能减排效果远远超过工厂化流水养殖模式, 充分显示出循环水养殖在发挥大菱鲆养殖潜力方面的巨大优势。

### 1.5 营养与饲料

我国大菱鲆养殖早期, 养殖饵料主要采用冰鲜杂鱼, 此后随着产业规模的扩大和养殖方式的转变, 对配合饲料的需求也逐步增加, 推动了国内海水鱼类营养需求与饲料加工工艺的研究步伐。迄今为止, 国内对大菱鲆不同生长和发育阶段的营养生理与需求<sup>[51-54]</sup>, 可以替代鱼粉的新型蛋白(饲料酵母<sup>[55]</sup>、豆粕<sup>[56, 57]</sup>、菜籽粕<sup>[58]</sup>、南极磷虾粉<sup>[59]</sup>等)的养殖效果评价, 功能性添加剂的作用(如牛磺酸<sup>[60]</sup>), 以及免疫增强剂的效果和添加量(稀土<sup>[61]</sup>、壳寡糖配合物<sup>[62]</sup>、微生态制剂<sup>[63]</sup>)等方面都进行了广泛深入的研究, 为一系列国产鲆鲽类养殖专用饲料的商业化开发和生产提供了理论基础和技术保障, 减少了对进口饲料的依赖, 降低了鲆鲽类养殖成本。据统计, 目前我国每年消耗的大菱鲆养殖配合饲料总量达 2 万余吨, 其中国产饲料份额近几年内占到 90% 以上; 但是在大菱鲆养殖的整个过程中, 配合饲料的使用量仅占 30% 左右, 其余多为冰鲜杂鱼。随着我国大菱鲆营养与饲料研究水平不断提高和企业对环保安全意识的不断提升, 相信今后冰鲜杂鱼料将会逐渐被配合饲料所取代。

### 1.6 疾病防控

我国大菱鲆工厂化养殖产业发展速度快, 企业规模小, 养殖人员经验不足, 地下海水水质多样, 苗种生产场家众多和质量差别较大, 渔药和饲料等配套生产资料不足, 这些都不利于疾病防控, 导致我国大菱鲆养殖早期疾病发生的频率较高。根据国内相关研究报道, 我国养殖大菱鲆常见主要病害包括由弧菌<sup>[64, 65]</sup>、爱德华氏菌<sup>[66]</sup>、气单胞菌<sup>[67]</sup>等引起的细菌性疾病, 盾纤毛虫病<sup>[68]</sup>、刺激隐核虫<sup>[69]</sup>等引起的寄生虫性疾病, 以及虹彩病毒<sup>[70]</sup>、淋巴囊肿病

毒<sup>[71]</sup>等引起的病毒性疾病等 3 大类，其中细菌性疾病和寄生虫性疾病发生较普遍、危害也较严重。

从产业发展之初，针对大菱鲆养殖产业疾病预防的需要，黄海水产研究所的研究人员就积极跟进，对发生的疾病进行病原学调查，指导企业进行治疗和预防<sup>[72, 73]</sup>。近年来，在“国家鲆鲽类产业技术体系”大力支持下，通过持续不断的流行病学跟踪和调查，摸清了我国大菱鲆主要疾病发病特征及其流行规律，确定了病毒、细菌和寄生虫等主要致病原 30 余种（株），并在黄海水产研究所建设了养殖大菱鲆疾病病原库及远程疾病诊断平台，为今后大菱鲆疾病防控技术研究和指导企业进行健康养殖奠定了基础。

疾病的快速诊断是及时做出早期预防、治疗和预报危害严重流行病的重要基础，目前我国对大菱鲆疾病的诊断技术有了很大提高，除传统的病理组织学检查手段外<sup>[74, 75]</sup>，还开发了分子生物学等快速诊断技术，如 PCR 技术<sup>[76, 77]</sup>、免疫荧光技术<sup>[78]</sup>、胶体金快速检测试纸<sup>[79, 80]</sup>等。这些技术的联合应用不仅可以快速检测出病原，还可以检测到一些病原携带者，从而对疾病的传播与暴发起到较好的监控作用。

“预防为主，防治结合”是鱼病防控永恒的原则。目前，国内大型养殖场对疾病预防和用药比较规范，鱼病发生率较低，但是中小养殖企业的病害防治方法尚以药物为主，故药物残留现象仍然时有发生，生态预防<sup>[81]</sup>和免疫预防<sup>[82]</sup>是解决这一难题的最根本途径。近年来，我国渔用疫苗的研究进展较快，鲆鲽类产业体系疾病防控岗位的华东理工大学研究团队，已经研发出我国海水养殖鱼类首例基因工程活疫苗，并于 2011 年 11 月获得了我国第一份农业转基因生物安全证书[“缺失 *aroC* 基因和 *pEIB1* 质粒的海洋鳗弧菌疫苗 MVAV6203 的安全证书”，证书号：农基安证字(2011)65 号]，该团队研制的大菱鲆腹水病迟钝爱德华氏菌弱毒活疫苗又于 2012 年 5 月获农业部兽用生物制品临床试验批准 ([http://www.flatfishfarming.ac.cn/myinfo\\_2.aspx?Id=205](http://www.flatfishfarming.ac.cn/myinfo_2.aspx?Id=205))。这是我国海水鱼类疫苗研制史上的一个里程碑，将会极大地提升我国海水养殖鱼类疫苗的研发水平。

此外，鲆鲽类产业体系还搜集和整理了大量国内外相关渔药的种类、性质、残留限量、使用规范、检测标准等信息，形成较为完善和系统的大菱鲆渔药残留数据库，并在此基础上开展了多种渔药残留的研究工作，如土霉素<sup>[83]</sup>、诺氟沙星<sup>[84]</sup>、磺胺甲噁唑<sup>[85]</sup>、恩诺沙星<sup>[86]</sup>、环丙沙星<sup>[87]</sup>等，明确了这些药物在大菱鲆体内的代谢和残留规律，为这些药物的使用方法和休药期的确定提供了基础数据。

## 1.7 加工与质量安全

国内养殖大菱鲆消费主要以活鱼为主，近年来，由于养殖成鱼价格的下降以及市场拓展

的需要，国内对深加工技术研究和产品研发的关注度明显提高，先后对大菱鲆的营养成分、微量元素及品质<sup>[88, 89]</sup>，冰温冷藏条件下的菌相<sup>[90]</sup>，鱼肉的保鲜效果及冷冻鱼肉的保水效果<sup>[91, 92]</sup>等进行了研究，同时开发了裙边、鱼皮、鱼唇和冷冻鱼片等精加工产品及烟熏等成品的加工工艺<sup>[93, 94]</sup>。为建立大菱鲆精深加工技术体系和延长产业链，国家鲆鲽类产业技术体系相关研究团队已经在山东美佳集团建立了大菱鲆等海水鱼无公害加工产品基地，同时建立 1 条能后年加工 600 吨左右大菱鲆的精加工产品生产线。

为了确保大菱鲆养殖及加工产品的质量，创建大菱鲆品牌，国内已经开发出大菱鲆产地追溯标识技术及编码体系研究，并建立包括追溯网站的 3 种产品追溯方式 (<http://www.safefood.gov.cn/quyu/hhs/;400-606-4334>(电话); 短信 10690195753646)，客户输入产品标签上的追溯码就可以查询产品相关信息（生产企业、养殖信息、苗种来源、检测交过、销售渠道等），为产品质量的社会有效监督提供了平台。

## 1.8 市场和养殖经济

因为营养、口感和文化寓意深受国人喜爱，故国内大菱鲆（多宝鱼）的活鱼销售市场日益扩大，由沿海向内地、由南向北广为辐射，目前已经几乎遍及全国城乡和港澳地区，大菱鲆本身也从身价百倍的“贵族鱼”逐渐成为普通大众可以消费的“平民鱼”，尤其是经历了 2006 年上海多宝鱼药残风波之后，生产者和消费市场都变得更加理性，大菱鲆市场价格趋于平稳、合理，目前出厂价格约为人民币 80 元/kg 左右，同时许多生产厂家都开始注册商标，实行品牌经营，受到消费者的普遍欢迎。

长期以来，由于单品种养殖产业的起伏和长期缺乏社会学科的支持，渔经界对于海水养殖产业的结构和经济运行状况的跟踪感到非常困难。自鲆鲽类产业技术体系建设开展以来，体系专门设立了产业经济岗位团队开展研究，最近几年，该团队以颇具代表性的大菱鲆养殖为研究对象，对海水鱼类养殖产业的发展模式<sup>[95, 96]</sup>、产业链结构<sup>[97]</sup>、养殖经济效益<sup>[98]</sup>、销售策略<sup>[99]</sup>、消费行为<sup>[100]</sup>以及产业发展方向<sup>[101, 102]</sup>等各个方面都进行了研究，从微观和宏观两个视觉，为业界和政府制定产业发展计划和出台政策方针提供参考，更为大菱鲆养殖产业的稳定有序发展提供了指导。

## 2 总结与展望

大菱鲆作为一个外来物种，从全长 10cm 的 200 尾引进稚鱼开始，在较短的二十年间，迅速成长为我国海水养殖“第四次产业化浪潮”蓬勃兴起的主角，大菱鲆养殖产业也从无到有、由小到大快速成长为工厂化养殖面积达 500 万平方米、养殖年产量超过 6 万吨的海水养殖支柱产业，这可以说是一个奇迹。其引种和产业发展的道路曲折、成功经验可贵，值

得按一鱼一产业的特定模式加以总结。

1) 大菱鲆(多宝鱼), 属于深海冷水性鱼类, 其本身具备耐低温、性格温驯、生长速度快、抗逆性强、能适应高密度生存环境等天然秉赋, 所以它是一个不可多得的海水天然良种; 欧、亚、拉美的养殖实践证明, 它不仅具有优良的养殖性状, 而且能耐长途运输、营养价值高、肉质好、和适合多种加工及烹饪方式等诸多优点的商品属性。如此共同构成该品种适合于发展集约化、规模化养殖和利于充分拓展市场的物质基础。大菱鲆的良种地位由此获得了世界公认;

2) 引进单位黄海水产研究所, 在引种前进行了充分调研和审慎论证; 引进后又锲而不舍、持续不断地开展了各项养殖理论与应用技术研究, 因此从引种到形成产业都建立在科学论证的基础之上;

3) 国家与各级地方政府, 对新兴产业研究的引导与支持。如农业部 948 等项目, 长期提供了科研资金的支持, 是大菱鲆科研和产业能够得到迅速发展的重要保证;

4) 科研团队以发展大菱鲆产业研究为己任, 长期深入生产一线、坚持产学研三结合, 是使大菱鲆科研工作持续获得成功的根本保证;

5) 积极创建科学文化理念, 激励团队的敬业奉献精神、鼓励业者对良种的友善和热爱, 不断增进广大消费者对水产养殖产品的认同感, 是助推科研和产业快速发展的源动力;

6) 鲆鲽类产业技术体系的巨大支撑作用。大菱鲆于 2008 年进入“体系”框架内运作后, 全面启动了重点技术、基础性、前瞻性和应急性等 4 项研究任务, 连年超额完成计划, 将所获成果及时通过培训班形式普及推广, 有效地推进了以大菱鲆为主体的鲆鲽类养殖产区, 在技术与模式上的转型升级。

20 年来, 中国的大菱鲆养殖尽管在学术和产业上取得了许多举世瞩目的成就, 但我们应该清醒地认识到, 我们还存在良种覆盖率低、病害发生率高、深井海水资源不足、产品药物残留现象时有发生等重大问题, 影响了产业的稳定和健康发展, 2006 年上海发生的多宝鱼药残事件, 对整个行业造成严重打击必须牢记。要从根本上解决这些问题, 需要有政府部门、科研机构和企业界的紧密合作、共同努力。政府管理方面, 需要完善和严格执行养殖用地、养殖许可证、市场准入证、产品质量监管等审批制度, 同时要加大对科研的投入, 组织科研人员进行专项技术攻关; 科研人员则需要围绕当前养殖产业发展存在的主要问题, 诸如原种亲鱼引进和保存、良种选育、全雌苗种创制、疫苗开发与应用、疾病无抗化防控、国产化配合饲料的研制、产品溯源、循环水健康养殖等关键技术的研究; 企业界, 则要推进生产模式和经营模式的自主创新, 建立各种产业联盟或合作社, 把一家一户的初级工厂纳入“工

“厂+农户”的产业化管理模式上来，形成“产业链”运作，以彻底改变目前个体户无序发展的现状。

当前海水养殖正处于空间、水资源、能源和环境的巨大压力之时，大菱鲆养殖产业，要立足科技创新驱动发展的大思路，抓住国家海洋工程与蓝色经济区战略机遇期，加快技术和生产模式的转型升级，推进“节能、节水、节地”和“高端、高质、高效”工业化养殖产业的早日形成。

工业化养殖理念，就是集工程化、工厂化、设施化、规模化、标准化、数字化、信息化于一体的现代化养殖新模式。2011年9月18-20日在北京成功召开的“鱼类工业化养殖与可持续发展”第124场中国工程科技论坛，与会领导和专家在发言中一致认为：当前必须加快推进资源节约型、环境友好型的现代化渔业建设；建议今后应该高度重视工业化养殖技术的提升，要以工业化理念谋划整个鲆鲽类养殖产业的发展；坚持以科技创新为主体、以制度创新为支撑、以市场需求为导向，力争做到渔业与现代工业技术及经营管理方式上的密切结合，创造出具有高经济价值、生态价值和社会价值的鱼类养殖大产业。以大菱鲆为主体的鲆鲽类养殖走工业化道路十分重要，今后要大力倡导“装备工程化、技术现代化、生产工厂化、管理工业化”的“四化”养殖理念，重视科教文化、人文文化和企业文化建设，并在信息化的引导下打造成为样板工程。此次论坛为未来鱼类养殖转型升级指明了方向，更为行业的发展描绘了全新的蓝图，所以受到业内人士的巨大关注，对社会各界的思维观念转变，也将产生积极而又深远的影响。

预测从现在开始，中国环渤海和黄海北部沿岸将发挥各自的区位优势，以大菱鲆工业化养殖为龙头，进一步扩大鲆鲽类养殖品种，打造成为鲆鲽类养殖产业带、经济圈和加工区，并在龙头企业的进一步带动下，扩大适养良种和养殖区域，实施“海陆接力”、“南北接力”策略，把大菱鲆和其他鱼类养殖做成一项辐射全国沿海，规模宏大、影响深远、持久发展的海水工业养鱼和良种养殖典范。

## 参考文献

- [1] 杨正勇,王春晓. 全球视野下中国鲆鲽类养殖业的发展[J]. 中国渔业经济. 2009(6): 115-121.
- [2] Fao. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series[DB/CD]. Version. 2.3 2000FAO Aquaculture Production (Quantities and values) 1950-2010 (Release date: April 2010), 2012.
- [3] Munro P D, Barbour A, Birkbeck T H. Comparison of the Growth and Survival of Larval Turbot in the Absence of Culturable Bacteria with Those in the Presence of *Vibrio anguillarum*, *Vibrio alginolyticus*, or a Marine *Aeromonas* sp.[J]. Applied and environmental microbiology. 1995, 61(12):

4425-4428.

[4] Ruyet J P. Chapter 7 Turbot culture[M]. Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement, Daniels H V, Watanabe W O, Ames, Iowa, USA:Blackwell Publishing, 2010, 125-139.

[5] 门强, 雷霖霖, 王印庚. 大菱鲆的生物学特性和苗种生产关键技术[J]. 海洋科学. 2004(3): 1-4.

[6] 雷霖霖, 马爱军, 刘新富, 等. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)胚胎及仔稚幼鱼发育研究[J]. 海洋与湖沼. 2003(1): 9-18.

[7] 雷霖霖, 马爱军, 刘新富. 大菱鲆养殖技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005, 525-591.

[8] Lei J, Liu X. Chapter 11 Culture of turbot: Chinese perspective[M]. Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement, Daniels H V, Watanabe W O, Ames, Iowa, USA:Blackwell Publishing, 2010, 185-202.

[9] 雷霖霖, 马爱军, 陈超, 等. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L)养殖现状与可持续发展[J]. 中国工程科学. 2005(5): 30-34.

[10] 张其永, 洪万树. 九十年代我国海水鱼类人工繁殖和育苗技术的现状与展望[J]. 现代渔业信息. 2000, 15(3): 3-6.

[11] 邹曙明, 李思发, 蔡完其. 牙鲆和大菱鲆养殖群体的分子标记和遗传变异[J]. 中国水产科学. 2001, 7(4): 6-9.

[12] 申雪艳, 宫庆礼, 雷霖霖, 等. 进口大菱鲆*Scophthalmus maximus* L.苗种的遗传结构分析[J]. 海洋与湖沼. 2004, 35(4): 332-341.

[13] 侯仕营, 马爱军, 王新安, 等. 大菱鲆4个引进地理群体遗传多样性的微卫星分析[J]. 渔业科学进展. 2011, 32(1): 16-23.

[14] 王新安, 马爱军, 侯仕营, 等. 大菱鲆4个不同地理群体生长性能的比较[J]. 渔业科学进展. 2010, 31(1): 34-39.

[15] 王新安, 马爱军, 雷霖霖, 等. 大菱鲆不同家系生长性能的比较[J]. 海洋科学. 2011, 35(4): 1-8.

[16] 马爱军, 王新安, 雷霖霖, 等. 大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) 四个不同地理群体数量形态特征比较[J]. 海洋与湖沼. 2008, 39(1): 24-29.

[17] 季士治, 雷霖霖, 王伟继, 等. 双列杂交法分析2个大菱鲆养殖群体的杂交效果[J]. 中国水产科学. 2006, 13(6): 1001-1005.

[18] 于飞, 张庆文, 孔杰, 等. 大菱鲆不同进口群体杂交后代的早期生长差异[J]. 水产学报. 2008(1): 58-64.

[19] 张庆文, 张天杨, 孔杰, 等. 大菱鲆生长性状在不同生长发育阶段的相关分析[J]. 海洋水产研究. 2008, 29(3): 57-61.

[20] 马爱军, 王新安, 杨志, 等. 大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) 幼鱼生长性状的遗传力及其相关性分析[J]. 海洋与湖沼. 2008, 39(5): 499-504.

[21] 张庆文, 孔杰, 栾生, 等. 大菱鲆25日龄3个经济性状的遗传参数评估[J]. 海洋水产研究. 2008, 29(3): 53-56.

[22] 刘宝锁, 张天时, 孔杰, 等. 大菱鲆生长和耐高温性状的遗传参数估计[J]. 水产学报. 2011, 35(11): 1601-1606.

[23] 马爱军, 王新安, 薛宝贵, 等. 大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) 选育家系的构建和培育技术研究[J]. 海洋与湖沼. 2010(3): 301-306.

[24] 马爱军. 鲆鲽类良种选育技术研究进展[R]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2012.

[25] Ruan X, Wang W, Kong J, et al. Genetic linkage mapping of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) using microsatellite markers and its application in QTL analysis[J]. Aquaculture. 2010, 308(3 - 4):

89-100.

- [26] 马爱军, 许可, 黄智慧, 等. 大菱鲂与耐高温性状相关的微卫星标记筛选[J]. 海洋科学进展. 2011, 29(3): 370-378.
- [27] 许可, 马爱军, 王新安, 等. 大菱鲂 (*Scophthalmus maximus*) 生长性状相关的微卫星标记筛选[J]. 海洋与湖沼. 2009(5): 577-583.
- [28] 于飞, 王伟继, 孔杰, 等. 微卫星标记在大菱鲂 (*Scophthalmus maximus* L.) 家系系谱印证中的应用研究[J]. 海洋学报. 2009(3): 127-136.
- [29] Imsland A K, Folkvord A, Grung G L, et al. Sexual dimorphism in growth and maturation of turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque, 1810)[J]. Aquaculture Research. 1997, 28(2): 101-114.
- [30] Haffray P, Lebègue E, Jeu S, et al. Genetic determination and temperature effects on turbot *Scophthalmus maximus* sex differentiation: An investigation using steroid sex-inverted males and females[J]. Aquaculture. 2009, 294(1-2): 30-36.
- [31] 朱香萍, 尤锋, 张培军, 等. 牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)与大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)受精前期微管骨架的免疫荧光观察[J]. 海洋与湖沼. 2008(2): 190-196.
- [32] Xu J H, You F, Sun W, et al. Induction of diploidy gynogenesis in turbot *Scophthalmus maximus* with Left-eyed flounder *Paralichthys olivaceus* sperm[J]. Aquaculture International. 2008, 16(2): 623-634.
- [33] 苏鹏志, 陈松林, 杨景峰, 等. 异源冷冻精子诱导大菱鲂的雌核发育[J]. 中国水产科学. 2008(5): 715-721.
- [34] 孟振, 刘新富, 雷霖霖, 等. 大菱鲂雌核发育二倍体的真鲷冷冻精子诱导及其生长评价[J]. 武汉大学学报(理学版) (已接受). 2012.
- [35] 雷霖霖, 张榭令. 利用深井海水工厂化养殖大菱鲂*Scophthalmus maximus* (Linnaeus)试验[J]. 现代渔业信息. 2001, 16(3): 10-12.
- [36] 雷霖霖, 门强, 王印庚, 等. 大菱鲂“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式[J]. 海洋水产研究. 2002(4): 1-7.
- [37] 孙中之, 闫永祥. 大菱鲂工厂化养殖试验[J]. 海洋水产研究. 2003(1): 6-10.
- [38] 国家鲆鲽类产业技术研发中心. 国家鲆鲽类产业技术体系年度报告(2010) [R]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2011.
- [39] 方永强, 翁幼竹, 杨尧, 等. “大菱鲂引进驯化和养殖”的试验[J]. 台湾海峡. 2001, 20(3): 356-362.
- [40] 王兴春. 大菱鲂南移网箱养殖试验[J]. 福建水产. 2006(1): 45-47.
- [41] 陈军, 徐皓, 倪琦, 等. 我国工厂化循环水养殖发展研究报告[J]. 渔业现代化. 2009(4): 1-7.
- [42] 倪琦, 胡伯成, 宿墨. 循环水繁育系统工艺研究和工程实践[J]. 渔业现代化. 2006(2): 12-15.
- [43] 宋德敬, 王秉心, 等. 海水厂化养鱼水处理系统工程的研究—工艺流程、综合气浮、接触氧化池[J]. 海洋水产研究. 2002, 23(2): 49-52.
- [44] 宋德敬, 薛正锐, 张剑诚, 等. 三种不同模式的工厂化循环水养殖设施[J]. 渔业现代化. 2005(2): 28-30.
- [45] 宋奔奔, 倪琦, 张宇雷, 等. 臭氧对大菱鲂半封闭循环水养殖系统水质净化研究[J]. 渔业现代化. 2011(6): 11-15.
- [46] 顾川川, 刘晃, 倪琦. 循环水养殖系统中旋流颗粒过滤器设计研究[J]. 渔业现代化. 2010(5): 9-12.
- [47] 倪琦, 张宇雷. 循环水养殖系统中的固体悬浮物去除技术[J]. 渔业现代化. 2007(6): 7-10.
- [48] 张成林, 倪琦, 徐皓, 等. 导流式移动床生物膜反应器流速选择及流态分析[J]. 水产学报. 2011(2): 283-290.

- [49] 宋德敬, 张建伟, 等. 海水工厂化养鱼多点在线水质监测系统的研究[J]. 海洋水产研究. 2002, 23(4): 56-60.
- [50] 苏柯, 张和森, 肖保强, 等. 封闭式循环海水系统大菱鲆高密度养殖研究[J]. 渔业现代化. 2003(5): 9-12.
- [51] 刘兴旺, 麦康森, 艾庆辉. 鲆鲽鱼营养生理研究进展[J]. 中国饲料. 2011(14): 32-37.
- [52] 马爱军, 陈超, 雷霖霖, 等. 饲料蛋白质含量和n-3HUFA水平对大菱鲆亲鱼产卵的影响[J]. 海洋水产研究. 2005(1): 7-12.
- [53] 蒋克勇, 李勇, 李军, 等. 大菱鲆幼鱼蛋白质的生态营养需要量研究[J]. 海洋科学. 2005(9).
- [54] 陈四清, 马爱军, 雷霖霖, 等. 大菱鲆幼鱼的蛋白质与能量需求[J]. 水产学报. 2004(4): 425-430.
- [55] 崔敏, 郭冉, 夏辉. 生物饲料酵母替代鱼粉对大菱鲆的影响[J]. 饲料研究. 2011(5): 65-68.
- [56] 陈京华. 米曲霉AS 3.951发酵豆粕对大菱鲆摄食生长的影响[J]. 中国农学通报. 2009(2).
- [57] 王海英, 孙谧, 薛长湖, 等. 大菱鲆配合饲料中植物蛋白替代鱼粉的可行性研究[J]. 海洋科学. 2008(6): 9-12.
- [58] 马俊享, 贾敏菊, 李元良, 等. 去皮菜籽粕浓缩蛋白替代白鱼粉应用在大菱鲆幼鱼的试验[J]. 饲料工业. 2009(2): 19-20.
- [59] 孔凡华, 梁萌青, 吴立新, 等. 南极磷虾粉对大菱鲆生长、非特异性免疫及氟残留的影响[J]. 渔业科学进展. 2012, 33(1): 54-60.
- [60] Yun B, Ai Q, Mai K, et al. Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets[J]. Aquaculture. 2012, 324 - 325(0): 85-91.
- [61] 崔丽卿, 徐玮, 汪东风. 稀土对大菱鲆生长和非特异性免疫力的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版). 2011(Z2).
- [62] Cui L, Xu W, Ai Q, et al. Effects of dietary chitosan oligosaccharide complex with rare earth on growth performance and innate immune response of turbot, *Scophthalmus maximus* L. [J]. Aquaculture Research DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.03072.x. 2011.
- [63] 潘雷, 郭文, 高凤祥, 等. 饵料中添加益生菌对大菱鲆幼鱼肠道菌群及部分免疫指标的影响[J]. 海洋科学. 2012, 36(2): 34-39.
- [64] 薛淑霞, 冯守明, 孙金生. 海水工厂化养殖大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)和褐牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)腹水病原菌的分离与鉴定[J]. 海洋与湖沼. 2006(6): 548-554.
- [65] 张伟妮, 周丽, 邢婧, 等. 养殖大菱鲆腹水病原菌SR1的分离及鉴定[J]. 中国水产科学. 2006(4): 603-609.
- [66] 李筠, 颜显辉, 陈吉祥, 等. 养殖大菱鲆腹水病原的研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版). 2006(4): 649-654.
- [67] 吕俊超, 张晓华, 王燕, 等. 养殖大菱鲆病原菌——杀鲑气单胞菌无色亚种的分离鉴定和组织病理学研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版). 2009(1): 91-95.
- [68] 陈洁君, 王印庚, 牟潜, 等. 养殖大菱鲆蟹栖异阿脑虫病及其防治研究[J]. 海洋水产研究. 2005(6): 68-76.
- [69] 王印庚, 刘志伟, 林春媛, 等. 养殖大菱鲆隐核虫病及其治疗[J]. 水产学报. 2011(7): 1105-1112.
- [70] 史成银, 王印庚, 秦蕾, 等. 我国养殖大菱鲆病毒性红体病及其流行情况调查[J]. 海洋水产研究. 2005(1): 1-6.
- [71] 史成银, 王印庚, 黄捷, 等. 大菱鲆病毒性疾病研究进展[J]. 高技术通讯. 2003(9): 99-105.
- [72] 王印庚, 张正, 秦蕾, 等. 养殖大菱鲆主要疾病及防治技术[J]. 海洋水产研究. 2004(6): 61-68.

- [73] 秦蕾, 王印庚, 阎斌伦. 大菱鲂微生物性疾病研究进展[J]. 水产科学. 2008(11): 598-602.
- [74] 吕俊超, 李轩, 韩茵, 等. 养殖大菱鲂中牙鲆肠弧菌的分离鉴定及组织病理学[J]. 水产学报. 2009(2): 311-317.
- [75] 秦蕾, 王印庚, 史成银, 等. 一种虹彩病毒感染大菱鲂的病理学研究[J]. 渔业科学进展. 2009(5): 6-12.
- [76] 薛淑霞, 孙金生. 检测鲆鱼腹水病原菌迟缓爱德华氏菌和溶藻弧菌的嵌套PCR方法[J]. 水生生物学报. 2008(6): 856-860.
- [77] Zhang Q, Shi C, Huang J, et al. Rapid diagnosis of turbot reddish body iridovirus in turbot using the loop-mediated isothermal amplification method[J]. Journal of Virological Methods. 2009, 158(1 - 2): 18-23.
- [78] 冯守明, 绳秀珍, 战文斌. 免疫球蛋白阳性细胞在大菱鲂免疫相关组织中的分布[J]. 武汉大学学报(理学版). 2008(6): 751-756.
- [79] 王蔚芳, 柴书军, 刘庆堂, 等. 大菱鲂疾病早期快速检测方法——胶体金免疫层析试纸的研制与建立[J]. 中国工程科学. 2012(2): 8-13.
- [80] 秦璞, 胡晓, 张在阳, 等. 鱼类致病性迟钝爱德华氏菌胶体金快速检测试纸的研制[J]. 华东理工大学学报(自然科学版). 2011(3): 330-334.
- [81] 陈丽芸, 蔡俊鹏. 蛭弧菌防治大菱鲂红嘴病试验[J]. 广东农业科学. 2011(18): 3-5.
- [82] Mu W, Guan L, Yan Y, et al. A novel in vivo inducible expression system in *Edwardsiella tarda* for potential application in bacterial polyvalence vaccine[J]. Fish & Shellfish Immunology. 2011, 31(6): 1097-1105.
- [83] 王雪鹏, 丁雷, 王巍, 等. 土霉素在大菱鲂体内的代谢与合理用药研究[J]. 海洋水产研究. 2008(5): 33-38.
- [84] 曲晓荣, 王印庚, 李胜忠, 等. 诺氟沙星在大菱鲂体内药代动力学及残留消除规律[J]. 海洋水产研究. 2007(5).
- [85] 曲志娜, 赵思俊, 王玉东, 等. 磺胺甲噁唑在大菱鲂体内药代动力学及残留消除规律的研究[J]. 中国兽药杂志. 2009(2): 28-31.
- [86] 李娜, 李健, 王群. 恩诺沙星在养殖大菱鲂体内的残留及消除规律[J]. 渔业科学进展. 2009(2): 26-33.
- [87] 孙爱荣, 李健, 常志强, 等. 环丙沙星和磺胺二甲嘧啶在大菱鲂体内的药代动力学比较[J]. 中国兽药杂志. 2012(4): 14-19.
- [88] 雷霖霖, 梁萌青, 刘新富, 等. 大菱鲂营养成分与食用价值研究概述[J]. 海洋水产研究. 2008(4): 112-115.
- [89] 梁萌青, 雷霖霖, 吴新颖, 等. 3种主养鲆鲽类的营养成分分析及品质比较研究[J]. 渔业科学进展. 2010, 31(4): 113-119.
- [90] 崔正翠, 许钟, 杨宪时, 等. 冷藏大菱鲂细菌组成变化和优势腐败菌[J]. 食品科学. 2011(13): 184-187.
- [91] 赵前程, 谢智芬, 刘俊荣, 等. 磷酸酯淀粉对冷冻大菱鲂鱼肉保水效果的影响[J]. 食品与生物技术学报. 2008(6): 65-68.
- [92] 赵前程, 王丹, 谢智芬, 等. 果胶酶解物对大菱鲂鱼肉保鲜效果的研究[J]. 食品科技. 2008(3): 243-245.
- [93] 王彩理, 任红梅, 刘从力. 大菱鲂冻鱼片的制作及其质量控制[J]. 农产品加工. 2011(12): 16-17.
- [94] 滕瑜, 刘从力, 郭晓华, 等. 烟熏大菱鲂的优化工艺研究[J]. 现代食品科技. 2012(5): 513-516.
- [95] 宋香菜, 宋文平, 杨正勇, 等. 天津市鲆鲽类产业发展的SWOT分析[J]. 中国渔业经济.

2011(1): 145-149.

[96] 吴凯, 谭春兰, 徐忠, 等. 山东省鲆鲽产业发展的SWOT分析及对策[J]. 贵州农业科学. 2010(3): 140-144.

[97] 任爱景, 杨正勇, 黄书培, 等. 我国大菱鲆产业价值链实证研究[J]. 广东农业科学. 2011(4): 168-171.

[98] 黄书培, 杨正勇. 不同养殖规模下大菱鲆工厂化养殖经济效益分析[J]. 广东农业科学. 2011(16): 113-116.

[99] 任爱景, 杨正勇. 基于博弈论的我国大菱鲆产业供销链分析[J]. 辽宁农业科学. 2011(5): 34-38.

[100] 杜卓君, 杨正勇, 王春晓, 等. 上海鲆鲽类产品消费者行为分析[J]. 中国渔业经济. 2011(6): 128-135.

[101] 雷霖霖, 杨正勇, 倪琦, 等. 促进鲆鲽类养殖产业朝循环经济方向持续健康发展——基于鲆鲽类主产区调研的战略思考[J]. 中国工程科学. 2010(8): 70-78.

[102] 刘莹. 中国大菱鲆产业发展历程及对策研究[J]. 中国渔业经济. 2011(2): 12-17.

## **Turbot culture in China for two decades: Achievements and prospect**

LEI Ji-lin LIU Xin-fu GUAN Chang-tao

(Marine Fish Breeding and Biotechnology Laboratory, Yellow Sea Fisheries Research Institute,  
Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

**Abstract:** Turbot *Scophthalmus maximus*, a marine finfish with fast growth and strong tolerance to cold water temperature, is the most commercial cultivated flatfish around the world with the highest annual aquaculture production. From its introduction into China in 1992 to now, its aquaculture has developed into one of the most dominant marine culture industries in China with an annual production of more than 60 thousand tons. The progress and achievements on the industry development, seed production, selective breeding, culture models, nutrition requirements and artificial feeds, diseases prevention and control, processing and quality control, market and aquaculture economy during the past two decades, is reviewed. Further research and industry development priorities in turbot culture are also suggested. This paper also provides the necessary referential information for the development of turbot culture in China.

**Key words:** turbot *Scophthalmus maximus* aquaculture industry review

**Corresponding author:** LEI Ji-lin. E-mail: [leijl@ysfri.ac.cn](mailto:leijl@ysfri.ac.cn)

基金课题: 国家鲆鲽类产业技术体系 (NYCYTX-50)

作者和通讯作者简介: 雷霖霖 (1935-), 研究员, 中国工程院院士, 研究方向海水鱼类增养殖。E-mail: [leijl@ysfri.ac.cn](mailto:leijl@ysfri.ac.cn)