

水产生物安保发展趋势与政策建议

黄健¹, 曾令兵², 董宣¹, 梁艳¹, 谢国骊¹, 张庆利¹

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东青岛 266071; 2. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 武汉 430223)

摘要: 本文基于我国水产养殖疫病防控发展的现状和趋势, 对我国水产生物安保需求形势形成基本判断。针对水产养殖业“十三五”发展规划, 凝练出水产生物安保的战略目标、基本原则和战略重点, 并提出了“以生物安保为指导调整我国水产养殖业发展政策”“积极与国际接轨提升我国水生动物卫生管理水平”和“尽快实施一批水产生物安保科技重点研发计划”等重大建议; 指出应认清生物安保属国家生态安全的战略地位, 是行业执政能力的反映, 应以生物安保为核心引领我国水产养殖业的技术升级与结构调整, 并尽快重点抓好国家级和省级原良种场的生物安保, 为我国水产养殖业的健康可持续发展提供支撑。

关键词: 水产健康; 生物安保; “十三五”规划; 可持续发展; 生态安全

中图分类号: S96 **文献标识码:** A

Trend Analysis and Policy Recommendation on Aquatic Biosecurity in China

Huang Jie¹, Zeng Lingbing², Dong Xuan¹, Liang Yan¹, Xie Guosi¹, Zhang Qingli¹

(1. Function Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China; 2. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China)

Abstract: The development status and trend of Chinese aquaculture disease control is analyzed in this paper, and basic judgments are made on aquatic biosecurity in China. According to the 13th Five-Year Plan, the paper summarizes the strategic objectives, priorities and principles that will benefit the aquatic biosecurity system in China. Furthermore, in order to provide theoretical support for the sustainable development of Chinese healthy aquaculture, the authors put forward some important suggestions, such as “adjusting the development policies for Chinese aquaculture under the guidance of biosecurity”, “actively being geared to international standards to promote Chinese management levels on aquatic animal health”, and “quickly launching and implementing a batch of key science and technology R&D programs on aquatic biosecurity”. As indicated in this paper, the aquatic biosecurity is at the strategic position of national ecological security and its implementation reflect the governance capacity in aquaculture, and it should be centered on the aquatic biosecurity to lead the upgrade and reconstruction on Chinese aquaculture. It is emphasized that the biosecurity system in national and provincial genetic breeding farms for pedigree and fine varieties of aquatic species should be launched as soon as possible.

Key words: aquatic health; biosecurity; the 13th Five-Year Plan; sustainable development; ecological security

收稿日期: 2016-05-03; 修回日期: 2016-05-18

作者简介: 黄健, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 研究员, 研究方向为水产养殖疾病防治; E-mail: huangjie@ysfri.ac.cn

基金项目: 中国工程院重点咨询项目“水产养殖业十三五规划战略研究”(2014-XZ-19-3)

本刊网址: www.enginsci.cn

一、前言

改革开放以来,我国水产养殖业迅猛发展^[1],其增长速度远超种植业和畜禽养殖业。随着水产养殖品种的不断增长,养殖模式的不断创新及养殖规模的不断扩大,水产养殖病害问题却日益严重,致使我国水产养殖业蒙受重大损失。尽管政府、科研部门及相关行业部门付出了诸多努力,但由于缺少生物安保(biosecurity)理念及存在不正确的生物风险管理和应对思路,最终导致我国水产养殖业外来病原、病原新株型及新病原不断出现。严重的病害及药物滥用问题已成为影响我国水产养殖业可持续发展、食品安全、生物安全及国际贸易的重大问题。

早在20世纪末就有学者在动物疫病的预防与控制中采用了生物安保的概念^[2]。近年来,联合国粮食及农业组织(FAO)和世界动物卫生组织(OIE)对生物安保进行了明确定义^[3]。本文采用了世界动物卫生组织对生物安保的定义,即为了降低病原传入、定植和扩散的风险,在管理、技术和设施上执行的一整套措施^[4]。生物安保强调从病原入手开展系统的风险分析,重点针对由明确病原所导致的疫病风险进行有针对性的防控和健康管理。因此,生物安保体系包括对病原进行危害分级,通过监测手段掌握病原侵入系统及在系统定植和扩散的风险途径,评估各风险途径的风险等级,最后通过有针对性地采用一系列技术和设施手段来控制风险的侵入、定植和扩散并实施养殖管理。生物安保体系实施的情况和效果可通过可追溯体系进行审查。

二、我国水产生物安保的发展现状和“十三五”发展趋势分析

(一) 发展现状

1. 水产养殖病害成为产业发展的瓶颈

水产养殖病害问题已成为限制我国水产养殖业发展的主要因素,产业发展的可持续性受到了严峻挑战。据《2014年中国水生动物卫生状况报告》^[5]报道,我国水产养殖因病害造成的经济损失约为140亿元(仅水生动物)。其中,甲壳类占52%,鱼类占33%,贝类占11%,其他占4%。某些品种在养殖中疫病发生和损失率高达50%~80%^[6-11]。

据估计,重要养殖鱼类单一病害的发生概率在20%以上,虾类在25%~30%^[12]。病害威胁导致药物滥用,致使微生物耐药性增加、生态多样性受损、水产品质量和国际竞争力下降。

2. 病原多样性及其风险未受重视

我国已监测到的水生动物疾病达80种。其中,病毒病16种、细菌病36种、真菌病5种、寄生虫病22种、不明原因疾病1种^[5]。同时,主要流行病的病原又存在株型和致病力差异,如白斑综合征病毒已可区分出10种以上主要变体。因多种病害难以被分辨和确诊,所以在生产和科研中,这些病害问题被笼统归于养殖品种抗病力弱、环境恶化、过度养殖、药物滥用等各种非病害问题,而对那些引起病害发生和流行的病原多样性及其流行病学问题视而不见,这就直接导致了病原风险的提升,加剧了疫病的发生和流行。

3. 疫病防控管理与生产需求脱节

我国水生动物防疫体系化管理起步较晚,2000年农业部发布了《水生动物防疫工作实施意见》,在其指导下,水产疫病防疫体系建设有了长足发展,大大提升了我国对水产疫病防控的管理能力^[13]。但我国水产养殖品种多、规模大、疫病高发及新的疫病不断出现,而作为动物疫病防控管理依据的《一、二、三类动物疫病病种名录》^[14]在2008年修订后再未被修订过,致使多种新发疫病,如急性肝胰腺坏死病、虾肝肠胞虫病、鲫造血器官坏死症和牡蛎疱疹病毒病等均未被收录其中。同时,疫病防控计划未覆盖,疫病扩散和流行未能得到及时控制也使我国在履行报告水生动物疫病的国际义务方面陷于一定被动状态。

4. 水产健康养殖需要引入生物安保的整体性理念

水产健康养殖包含了养殖环境、养殖品种、投入品、疫病防控、生产管理等多方面技术内容^[1,15]。但实际上,健康养殖技术通常只被当做是某种养殖技术的实施模式,疾病防控被认为是为健康养殖服务的次要技术;而在病害防控技术中又常常不考虑养殖技术的实施。技术概念的整体性集成不足使水产养殖业发展总是处于技术分割状态。生物安保以防控病原风险为目标,提倡与水产养殖健康相关的各种措施的集成,从而为水产养殖健康提供可操作的整体性理念。

5. 水产种业忽视生物安保导致整个水产养殖业面临风险

水产种业是水产养殖业的基础, 带动了整个产业的发展^[16]。水产种苗及原良种场的相关管理办法对病害监测、产地检疫和进出口检疫都有相关要求^[17,18]。但在种业学术研讨^[16]和产业实践中几乎都未对水产种业的健康风险予以关注。对虾的多数流行病原均来自国外, 局部新发疫病在1~3年内就会在全国流行。据监测数据显示, 国家级原良种场白斑综合征病毒检出率最高, 省级原良种场次之, 而重点苗种场最低。水产种业忽视生物安保的问题普遍存在, 如原良种场评审对疫病监测把关不严、种苗选育不监测病原、种苗进口逃避检疫、用带病亲体育苗、产地检疫执行不严、种苗场疫病不报告、不接受第三方检测等, 这些问题将会使我国整个水产养殖业面临严重的疫病风险。

6. 水产诊疗制剂的生产和应用亟待提升和规范

水产养殖病害的威胁催生了诊疗制剂产品及其市场的快速发展。截至2007年10月, 我国允许并通过《药品生产质量管理规范》(GMP)认证的渔药制剂共179种^[19]; 据中国水产养殖网公布的资料, 截至2016年4月, 其“渔药库”收录的渔药生产企业有281家, 生产的渔药产品有12 291种^[20]。我国渔药制剂批准数、渔药生产企业数、生产的渔药产品数以及渔药产量均居世界第一, 但渔药产品在国际上的认可度及影响力极低。渔药企业发展水平重复多, 产品种类混乱、成分标注不明、套牌产品多, 产品质量安全堪忧。大量渔药企业无序竞争, 加剧了药物滥用问题。而生物安保所必需的水产诊断制剂注册至今仍为零, 实用型的水产快速诊断试剂盒也只有20余种。

(二) “十三五”水产生物安保发展趋势

1. 水产养殖业集约化发展需要生物安保

在水产品需求不断增长和土地及水域资源不断缩减的形势下, 以质量、规模、效益、科技、人才为特征的集约化水产养殖模式是未来水产养殖业发展的必然趋势。更高的生产力要求更稳定的持续产出, 疫病风险需要得到严格控制, 这完全符合生物安保的理念, 因此, 生物安保将成为未来我国水产养殖集约化发展的必然选择。

2. 水产种业的发展需要生物安保

水产种业是水产养殖业战略性、基础性的核心

产业^[16], 是保障水产养殖业健康、可持续发展的基本条件。不论是水产种业本身还是整个水产养殖业的发展, 种苗健康都是至关重要的。提高水产种业的生物安保水平, 是实现无规定疫病水产种业的必经之路。

3. 生物安保引领水产诊疗制剂发展

生物安保将带来疫病防控的理念与模式的变革, 被动、盲目、滥用药物的病害防治方式将被逐渐转变为依诊施治、预防为主、风险防控及全面安保的不同生物安保级别。当前水产养殖中疫病的治疗模式将会逐步向养殖之外病原风险的控制模式转变, 这将会增加水产养殖业对诊疗制剂的需求。

4. 智能化和信息化对生物安保的促进

2016年中央“一号文件”提出“大力推进‘互联网+’现代农业, 应用物联网、云计算、大数据、移动互联等现代信息技术, 推动农业全产业链改造升级”^[21]。水质理化传感器、养殖管理数据库、疾病远程诊断辅助网络等智能化和信息化手段已在水产养殖中得到应用。利用物联网技术对水产养殖生产中各环节进行智能化和信息化管理, 将会大大促进生物安保的全面应用, 加速生物安保体系的跨越式升级。

5. 生物安保推动“一带一路”战略合作

“一带一路”是国家顶层战略, 水产养殖作为东南亚等“一带一路”国家的重要产业, 与我国有广泛的合作前景。生物安保符合联合国粮食及农业组织和世界动物卫生组织等国际标准, 其实施将为“一带一路”国家提供示范。在此基础上, 产业技术和经济合作可能会形成双边或多边的新机制。

三、水产生物安保“十三五”发展战略构想

(一) 战略目标

将生物安保作为水产养殖业发展的基本战略, 全面实施国家和地方的生物安保计划, 全面实现水产原良种和遗传选育的无疫化, 全面实现大型和集约化养殖场智能化生物安保的健康管理, 全面实现水产养殖主产区生物安保指导下的健康养殖, 彻底消除产业负面影响, 推动我国水产种业、养殖业、药业、饲料业等国际市场和跨国经济的发展, 实现水产养殖业的健康可持续发展。“十三五”期间, 在水产养殖领域引入生物安保概念, 提高生物安保意识, 制定实施国家和地方水产生物安保战略, 构

建智能化生物安保体系架构，以生物安保引领水产养殖业结构调整，逐步提升水产原良种场、育种场、育苗场和大型养殖场的生物安保水平，整体推进水产养殖业的健康和可持续发展。

（二）基本原则

1. 坚持健康养殖，生物安保原则

产业可持续发展必须走健康之路，应该从源头降低和消除疫病发生和流行的可能性，而不是让疫病对养殖造成危害后再加以控制。生物安保是以监控病原风险为指导，以国家、地方或企业整体管理为系统，以健康保障措施集成为手段来实现疫病有效防控的，是保障水产养殖业恢复健康发展的首要原则。

2. 坚持整体防控，政府主导原则

风险分析原理强调生物安保的整体性和系统性，需要管理、技术和设施手段整体配套，需要国家、地方和企业配合支持，从而提升整个行业的生物安保水平。《动物防疫法》^[22]规定，国家和地方主管部门是实施动物疫病防控的责任主体。整体防控、政府主导既是落实法律责任，也是实施生物安保体系的需要。

3. 坚持基础防控，种苗为先原则

产业健康是产业发展的基础，种苗健康是疫病防控的基本要求。严格实施种苗进出境检疫和产地检疫相关规定，改变种苗行业忽视生物安保的现状，尽快提高种苗行业生物安保水平，建立和完善无规定疫病水产种苗场的建设和管理并对其进行评估和实施，是实现整个水产行业健康养殖和生物安保的前提。

（三）战略重点

1. 制订水产生物安保计划

国家和地方主管部门作为水产疫病防控的主体，其制订的整体性的水产疫病防控规划、工作计划和实施方案就是国家和地方的水产生物安保计划。该生物安保计划应针对水生动物卫生问题系统地疫病防控名录、疫病监测、报告、应急防控、产地检疫、无规定疫病区和疫病场建设、水生动物卫生机构管理、水产兽医管理、渔药和防控产品应用监督、生物安保体系研究和推广等各方面的发展规划、工作计划和实施方案进行规范。

2. 推动生物安保体系研究

针对水产生物安保理论与技术研究不足的问题，国家应加大公益性科技投入，针对水生动物流行病学、病原生态学、病害传播机制、疫病监测与诊断、产业适用的净化技术、病原传播防控技术、生物安保管理标准和政策措施等开展研究；坚持产、学、研、用紧密结合，引导和鼓励种苗和养殖企业运用生物安保体系的理论与技术；以水产病害防治体系、执业兽医、诊疗机构和科技服务组织为主体，建立生物安保科技推广体系。

3. 尽早建立水产种业生物安保

种质优良是水产种业的动力，种苗健康是水产种业的保障。两者相辅相成，缺一不可，建立水产种业生物安保体系已刻不容缓。国家亟需对水产种业疫病监控能力和实施情况开展调研，按生物安保体系建立标准对种苗场人员、设施、材料、技术、管理和环境等各方面进行整改和升级。国家应先行实施国家级和省级原良种场的生物安保计划，带动商业化育苗场和中间培苗场实施生物安保计划，从而保障水产种业健康发展。

4. 逐步推进养殖场生物安保

养殖场生物安保计划是一项包括场区建设、生产规划、养殖设施、模式决策、池塘管理、水体处理、种苗选择、投喂技术、养殖监测、环境控制、病害诊疗、人员技能等在内的涉及各方面、各阶段的系统性计划。国家应因地制宜地逐步推进，重点引导集约化大型养殖企业根据自身条件和能力构建切实可行的生物安保实施方案，并以此为示范，逐步完善和推广生物安保体系的应用。

5. 加快升级水产诊疗技术产业

生物安保体系需要合格的病原检测产品、专用消毒剂、渔用疫苗、免疫增强剂、抗病微生物制剂和其他绿色渔药。国家应加大力度推进生物安保所需的水产诊疗技术研究、新产品研发和产业化工作，培育水产诊疗高新技术产业，促进高效、绿色、安全的技术产品产业化。通过养殖企业生物安保体系的实施、渔药市场规范化和水产诊疗机构管理，逐步实现对水产诊疗技术和产品应用情况的全面监控，保障水产养殖业从生产到产品的全产业链的健康和安全。

6. 搭建智能化水产生物安保网络

生物安保体系作为设施、技术和管理的集成，

对系统管理技术和能力水平提出了新要求,构建智能化生物安保网络,利用互联网、大数据、云服务、物联网、智能化检测设备、自动控制设备等实现水产生物安保网络的智能化管理。国家应将政府支持与商业化运作相结合,建立智能化水产生物安保网络方案,规范商业数据和公共数据边界,研发传感器技术,研讨大数据分析和信息共享方案,实现国家、地区和企业的水产生物安保体系的跨越式升级。

四、提升我国水产生物安保水平的重大政策建议

(一) 以生物安保为指导调整我国水产养殖业的发展政策

1. 明确生物安保属国家生态安全的战略地位

生态安全是国家安全的重要组成部分。规模化水产养殖加速了病原的传播和演化,给养殖及野生水生生物多样性带来难以预料的生态风险,这种掠夺式的产业发展必然破坏国家的生态文明。生物安保不仅降低或消除了病原风险,而且还控制了产业发展对生态文明造成的破坏,是对养殖业掠夺式发展的补救和对生态安全的保护。国家应明确生物安保属于国家生态安全的战略地位,从而为战略调整提供依据。

2. 认识生物安保实施效果是行业执政能力的反映

水产养殖业已达到了高速发展期,推动产业发展的可获利的技术研发资金应该以商业投资为主,政府则应承担保护产业健康可持续发展的职责,大力支持疫病防控等公益性技术投入。政府是动物疫病防控的责任主体,要为因管理疏忽而导致的疫病暴发承担责任。生物安保是最有效的疫病防控战略,实施生物安保计划是主动履行政府责任的表现,是降低政府责任风险及执政成本的最佳途径,其实施效果反映了政府在行业中的执政能力。

3. 以生物安保为核心引领养殖业技术升级和结构调整

水产养殖业的快速发展已经表现出越来越严重的病态和一系列不可持续的危机,包括疫病增多、药物滥用、品质下降、成本增高、环境恶化等。大力推广节能、节水、生态、高效、安全的现代养殖方式,积极发展生态健康养殖,是当前水产养殖业转方式和调结构的总体思路^[23]。维护健康的生产秩

序,才能保持产业发展的可持续性。以生物安保为核心,以风险防控为主线,为水产养殖业的产业技术和管理体系创新提供契机,从而引领产业技术升级和结构调整。

4. 重点抓好国家级和省级原良种场的生物安保

原良种场是养殖业的源头和基础资源,其质量极大地影响着整个养殖业的效益。将生物安保作为原良种场建设和管理的基本要求,进行严格审核已刻不容缓。应尽早制定原良种场生物安保体系标准,建立认证门槛,认真实施原良种场疫病监测计划,坚决执行种苗检疫措施,严格审查生物安保能力,选择实施级别高的企业培育成无规定疫病原良种场,对生物安保实施不达标的原良种场进行摘牌,这样才能引领我国水产种业及整个水产养殖业的健康发展。

(二) 积极与国际接轨提升我国水生动物卫生管理水平

水生动物卫生管理既是国内事务,也属于国际事务。我国应全面认识在国际水生动物卫生事务管理中履行国家职责和开展国际合作的重要性,保障我国可直接参与在水生动物卫生领域的国际交流。充分利用水生动物卫生领域的国际资源、国际标准、世界动物卫生组织兽医机构效能评估工具和水生动物卫生机构效能评估工具全面提升我国水生动物卫生体系管理水平,积极学习水产生物安保国际经验,加速构建符合我国国情的生物安保体系,促进水产产品与技术的国际贸易和养殖业的健康发展。

(三) 尽快实施一批水产生物安保科技重点研发计划

1. 水产疫病流行病学研究和系统性长期监测计划

水产疫病流行病学研究是确定疫病防控战略及构建生物安保体系的重要基础,但目前国家对其研究投入还十分薄弱,而且缺乏长期深入的系统性流行病学监测计划。面对疫病种类多、范围广、危害大的局面,建议国家尽快立项实施“水产疫病流行病学研究和长期监测计划”。将在水产疫病流行病学领域有优良工作基础的专业实验室与水产疫病防控体系结合,以水生动物种类为组织单元,综合开展系统性采样和监测;重视实验室能力考察和技术

标准统一, 强调数据和样品等的及时分析、汇总和报告, 保证长期研究和监测数据的可比性和有效性。

2. 水产生物安保理论创新与技术研发计划

生物安保概念在国际上的发展历史并不长, 水产生物安保体系创新也不足, 如果对其理论创新和技术构建开展深入研究, 将会为该概念体系的发展提供重要理论依据和技术支撑, 从而确立我国在这个新的学科和标准领域的国际地位。在理论上, 关于水生动物生物安保体系的要素与分级、疫病监测对风险途径的预测价值、水产疫病风险评估理论、风险管理的作用效果和影响机制等的研究均需探索; 在技术上, 风险评估技术步骤及相关难点、各病原的风险评估技术、水产生物安保体系中各项技术规范、不同级别生物安保场区评价标准等均有构建和优化的必要。水产生物安保体系不仅是管理和操作计划, 也是科学研究的重要内容, 国家应对其尽快立项。

3. 生物安保需求下的水产诊疗制剂研发和应用

生物安保在疫病监测、风险评估和风险管理中需用到相应的诊疗制剂, 其需求侧重于养殖链之外或养殖链早期。生物安保对高效样品的采集和处理, 高灵敏度和高通量病原检测试剂、高效低毒的种苗期消毒剂、水产疫苗、免疫佐剂, 以及有益微生物新制剂、环境改良剂等的生产供应、临床应用和安全使用技术有较高要求。国家应针对生物安保需求开发新型水产诊疗制剂及其应用技术, 从而为生物安保体系的实施提供技术保障。

4. 智能化水产生物安保网络研发计划

水产生物安保体系能成为农业精准作业的范例, 它集成了数字化采集技术并开发了相应的数字化采集等设备, 通过运用互联网、大数据和云平台等现代信息技术, 实现了精准的远程智能诊断、咨询、移动监测和操作, 符合《国家中长期科学与技术发展规划纲要》的精准农业及信息化规划^[24]。在此基础上, 建立规范化的数据采集、数据库管理、数据深度分析与共享的大数据、云计算平台, 从而实现水产生物安保框架下的大范围智能化疫病监测、预警、风险分析和快速响应机制。

参考文献

[1] 李杰人. 中国水产养殖业的现状及展望[J]. 饲料广角, 2002 (20): 7-9.

Li J R. Current status and prospection of the aquaculture industry in China [J]. Feed Pan. 2002; (20): 7-9.

[2] Thomson J. Biosecurity: preventing and controlling diseases in the beef herd [C]. Nashville, TN: Annual meeting of the Livestock Conservation Institute; 1991.

[3] FAO 渔业委员会水产养殖分委员会. 水生生物安保: 可持续水产养殖发展的一个关键[R]. 普吉: FAO 渔业委员会水产养殖分委员会, 2010.

COFI Sub-committee on Aquaculture. Aquatic biosecurity: a key for sustainable aquaculture development [R]. Phuket: CoFI Sub-Committee on Aquaculture; 2010.

[4] World Organization for Animal Health. Aquatic animal health code [M]. Paris: OIE; 2015.

[5] 农业部渔业渔政管理局. 2014年中国水生动物卫生状况报告 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.

Bureau of Fisheries and Fisheries Law Enforcement, Ministry of Agriculture. Report on the health status of Chinese aquatic animals in 2014 [M]. Beijing: China Agriculture Press; 2015.

[6] 吴耀华. 珠三角早造对虾排塘率80% [N/OL]. 南方农村报, [2016-05-03]. http://www.nfncb.cn/2011/shuichan_0525/58110.html.

Wu Y H. About 80 % of the early crop of farmed shrimp in the Pearl River Delta were abandoned [N/OL]. News of Southern Village, [2016-05-03]. http://www.nfncb.cn/2011/shuichan_0525/58110.html.

[7] 吴群凤. 高排塘率打碎虾农的赚钱梦[J]. 当代水产, 2013, 6: 30-33.

Wu Q F. High abandonment of shrimp ponds breaks earning dream of shrimp farmers [J]. Curr Fish. 2013; 6: 30-33.

[8] 程纯明. 虾业萧条, 7-8成高排塘, 虾塘空置严重[J]. 当代水产, 2015, 6: 30-31.

Cheng C M. Depression in shrimp farming, high abandonment to 70 %~80 %, grave vacancy of shrimp ponds [J]. Cur Fish. 2015; 6: 30-31.

[9] 彭日立, 苏若晶, 杨玲, 等. 2015年对虾产业调查[EB/OL]. 农财宝典, [2015-05-07]. http://www.dooland.com/magazine/article_647669.html.

Peng R L, Su R J, Yang L, et al. Survey of shrimp farming industry in 2015 [EB/OL]. Agr Weal. [2015-05-07]. http://www.dooland.com/magazine/article_647669.html.

[10] 黄健. 养殖对虾流行病学与生物安保[C]. 北海: 2016(北海)海洋经济发展研讨会, 2016.

Huang J. Epidemiology and biosecurity of farmed shrimp [C]. Beihai: 2016 (Beihai) Workshop on Marine Economic Development; 2016.

[11] 万夕和. 警惕虾肝肠胞虫 江苏省部分淡化场虾苗检出率达到21.2% [EB/OL]. 中国水产频道, 2016-03-14 [2016-05-03]. <http://www.fishfirst.cn/article-57390-1.html>.

Wan X H. Warning for Enterocytozoon hepatopenaei, the detecting rate of postlarva in part of desalting hatcheries reached to 21.2% [EB/OL]. Fish Fir. 2016-03-14 [2016-05-03]. <http://www.fishfirst.cn/article-57390-1.html>.

[12] 陈昌福. 2014年水产养殖病害流行趋势预测及其依据[EB/OL]. 中国水产频道, 2014-01-18[2016-05-03]. <http://www.fishfirst.cn/article-31149-1.html>.

Cheng C F. Prediction and its consideration for prevalence trend of aquaculture diseases in 2014 [EB/OL]. Fish Fir. 2014-01-18 [2016-05-03]. <http://www.fishfirst.cn/article-31149-1.html>.

- [13] 农业部渔业局. 2012年中国水生动物卫生状况报告[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture, P.R. China. Report on the health status of Chinese aquatic animals in 2012 [M]. Beijing: China Agriculture Press; 2013.
- [14] 中华人民共和国农业部. 一、二、三类动物疫病病种名录[Z]. 农业部公告第1125号, 2008-12-11.
Ministry of Agriculture of the people's Republic of China. Lists of animal diseases class A, B, and C [Z]. Notice of the Ministry of Agriculture No. 1125. (Dec 11, 2008).
- [15] 魏宝振. 水产健康养殖的内涵及发展现状[J]. 中国水产, 2012, 7: 5-7.
Wei B Z. The concept and developing status of healthy aquaculture [J]. Chin Fish. 2012; 7: 5-7.
- [16] 李明爽, 林连升, 赵蕾. 我国水产种业发展现状、趋势与对策探析[J]. 中国渔业经济, 2013, 31(2): 139-145.
Li M S, Lin L S, Zhao L. Analysis of development status, trends and countermeasures of aquatic seed industry in China [J]. Chin Fish Econ. 2013; 31(2): 139-145.
- [17] 中华人民共和国农业部. 水产种苗管理办法[Z]. 中华人民共和国农业部令46号, 2005-1-5.
Ministry of Agriculture of the people's Republic of China. Regulation for Aquaculture Seeds [Z]. Instruction No. 46, Ministry of Agriculture, People's Republic of China. (Jan 5, 2015).
- [18] 中华人民共和国农业部. 水产原良种场生产管理规范[Z]. 农渔发[2001]3号, 2001-2-1.
Ministry of Agriculture of the people's Republic of China. Good Hatchery Practices of Genetic Breeding Farm for Pedigree and Fine Varieties of Aquatic Species [Z]. Agri-Fish Issue [2001] No. 3. (Feb 1, 2001).
- [19] 王玉堂, 吕永辉. 目前允许使用的渔药构成与释析[J]. 中国水产, 2008, 1: 61-67.
Wang Y T, Lu Y H. The components and analysis of approved fishery medicines [J]. Chin Fish. 2008; 1: 61-67.
- [20] 中国水产养殖网. 渔药数据库[EB/OL]. [2016-05-03]. <http://www.shuichan.cc/yuyaoku.asp>.
Chinese Aquaculture Network. Database of fishery medicines [EB/OL]. [2016-05-03]. <http://www.shuichan.cc/yuyaoku.asp>.
- [21] 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[EB/OL]. 2016-01-27 [2016-05-03]. http://news.xinhuanet.com/fortune/2016-01/27/c_1117916568.htm.
The Xinhua News Agency. Central Document No. 1 in 2016—The CPC Central Committee and State Council's advices on implementation of new ideas for development to accelerate agricultural modernization and achieve the goal of the all-round well-off society [EB/OL]. 2016-01-27 [2016-05-03]. http://news.xinhuanet.com/fortune/2016-01/27/c_1117916568.htm.
- [22] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国动物防疫法[S]. 2007-08-30.
The Standing Committee of the National People's Congress. Animal epidemic prevention law of the People's Republic of China [S]. 2007-08-30.
- [23] 新华网. 加快推进水产养殖业转方式调结构促进水产养殖业提质增效转型升级[N/OL]. 农民日报, 2015-09-22 [2016-05-03]. http://news.xinhuanet.com/politics/2015-09/15/c_128228655.htm.
Xinhua Net. Accelerate boost of changing patterns and adjusting restructures in aquaculture, and promote transformation, upgrade, quality, and efficiency of aquaculture [N/OL]. Farmers' Daily, 2015-09-22 [2016-05-03]. http://news.xinhuanet.com/politics/2015-09/15/c_128228655.htm.
- [24] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)[R]. 北京: 中华人民共和国国务院, 2012.
The State Council of the People's Republic. The outline of the national program for long and medium term scientific and technological development (2006—2020) [R]. Beijing: The State Council of the PRC; 2012.