

· 综述 ·

## 对虾内陆养殖的现状、存在的问题及其展望

朱长波<sup>1,2</sup>, 董双林<sup>2</sup>

- (1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;  
2. 中国海洋大学教育部海水养殖重点实验室, 山东 青岛 266003)

**摘要:** 文章综述了目前对虾内陆养殖的主要品种、养殖方式和发展现状, 并对其优点和存在的问题进行了分析。内陆地下咸水的离子组成比例失调是目前对虾内陆养殖遇到的最大的障碍, 文章详述了地下咸水的成因和分布, 介绍了有关水体离子浓度和比值对对虾生理生态学影响的研究现状。最后讨论了克服内陆对虾养殖存在的问题并使之成为可持续发展的产业的途径。

**关键词:** 对虾; 内陆养殖; 离子组成; 盐碱化

**中图分类号:** Q178.1; S966.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-2227-(2005)05-0063-07

## Advances, problems and prospect of inland shrimp farming

ZHU Chang-bo<sup>1,2</sup>, DONG Shuang-lin<sup>2</sup>

- (1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;  
2. The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

**Abstract:** Main cultured species, culture methods and developing status of inland shrimp farming in the world were reviewed, and the advantages and problems of this type of aquaculture were analyzed. The imbalance of ionic composition of the inland saline groundwater was the main obstacle for the development of inland shrimp farming. The formation and distribution of inland saline groundwater were explained, and the study advances on the effects of ionic concentrations and ratios on the ecophysiology of shrimps were concluded. At the end, a discussion on the sustainable development of inland shrimp farming was made.

**Key words:** marine shrimp; inland aquaculture; ionic composition; salinization

由于有些对虾种类如斑节对虾 (*Penaeus monodon*)、凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 等对盐度的适应范围广, 加上沿海地区对虾暴发性病毒病的流行, 对虾养殖有向内地迅速发展的趋势<sup>[1-3]</sup>。自从 20 世纪 90 年代初期对虾的内陆养殖首先在泰国开展以来, 这种养殖方式现已在美国、厄瓜多尔、巴西、中国和其他许多国家大行其道。泰国每年大约有 30%~40% 的斑节对虾产量来自内陆养殖<sup>[4]</sup>。2003 年我国内陆养殖的凡纳滨对虾产量达到了 29.63 万 t, 比对虾发病前我国历史上最高的养殖对虾年产量还要高几

万, 全国 31 个省市自治区, 除了内蒙古、吉林、贵州、

### 1 对虾内陆养殖的主要种类及养殖方式

云南、西藏和青海 6 省区外, 都有凡纳滨对虾的养殖<sup>[5]</sup>。目前, 用于内陆养殖的对虾主要有 2 种: 凡纳滨对虾 (*L. vannamei*) 和斑节对虾 (*P. monodon*)。凡纳滨对虾又称南美白对虾、白腿对虾、白对虾, 是西半球最主要的养殖品种<sup>[6]</sup>, 因其对不良环境条件的适应能力强, 生长速度快而成为目前对虾内陆养殖产量最高的种类<sup>[7]</sup>。斑节对虾又称草虾、虎虾, 是东南亚, 尤其是泰国和越南的主要养殖对象<sup>[8]</sup>。另外, 在我国的内陆养殖区, 中国明对虾 (*Fen-*

收稿日期: 2005-07-21; 修回日期: 2005-08-10

资助项目: 国家“863”高技术研究发展计划项目 (2002AA648010); 科技部“十五”攻关项目 (2004BA526B0402)

作者简介: 朱长波 (1978-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事水产养殖生态学研究。E-mail: changbo212@hotmail.com

*neropenaeus chinensis*) (又称中国对虾、东方对虾) 和刀额新对虾 (*Metapenaeus ensis*) (又称基围虾、砂虾) 的养殖也占一定比例<sup>[9,10]</sup>。

当前, 对虾的内陆养殖主要包括以下3种方式:

### 1.1 淡水中加盐进行养殖

对虾内陆养殖首先在泰国兴起, 且主要是以淡水加盐的方式获得咸水进行养殖。泰国内陆养殖对虾始于20世纪90年代初期, 当时泰国海边养虾场大范围发病, 而内陆养殖者摸索出了低盐度水的养虾方法。在常规的水稻种植区, 淡水资源丰富, 却没有养殖海水虾的天然咸水, 于是人们从沿海地区直接将海水或海盐运到内陆养虾池塘, 在放苗之前将池水盐度维持在4~10左右<sup>[8]</sup>; 同时, 他们在育苗过程中, 对幼体进行淡化处理, 解决了虾苗对低盐度水的适应等问题。由于低盐度内陆养虾技术的开发成功, 泰国的对虾年生产能力达到了以前的2倍甚至3倍的水平<sup>[11]</sup>。

### 1.2 直接利用淡水养殖

在内陆低盐度对虾养殖过程中, 由于水分蒸发、渗漏等, 需要经常补充淡水保持水深, 使得在养殖后期, 池水盐度降到1以下<sup>[12]</sup>, 即淡水了, 由此发展出海产对虾的淡水养殖, 包括池塘养殖和稻田养殖。这种模式目前在我国东南沿海及内陆地区试验推广<sup>[13,14]</sup>。养殖品种主要是对低盐度有极强适应能力的凡纳滨对虾、刀额新对虾等。虾苗供应商提供的虾苗适应盐度一般在4左右, 规格为0.7 cm左右, 此阶段虾苗运输存活率高, 用于淡水养殖的养殖场须进行虾苗的二次淡化, 使盐度从4左右缓慢地降到0.5左右<sup>[15]</sup>, 然后才能进入商品虾养殖阶段。

### 1.3 利用盐碱地渗水直接或添加淡水进行养殖

利用低洼或滨海盐碱地区天然渗水直接或加淡水调节盐度后养虾, 是一种充分利用盐碱地土地资源, 改善生态环境条件的区域性新型养殖模式<sup>[4,16-18]</sup>。

1.3.1 天然咸水的形式与形成 在基本隔绝的泻湖、残留海或内陆的咸水湖泊, 在干燥和半干燥气候条件下, 经长期蒸发作用, 在盐度很高时形成晶析沉淀, 如果盐度较低, 就形成液态卤水。一般认为矿化度大于50 g·L<sup>-1</sup>时, 称为卤水; 达不到这种程度, 称为盐水。如果不按盐度划分, 可以统称为咸水<sup>[19]</sup>。

我国盐矿资源丰富, 古代卤水盐矿在新疆、西藏、四川、甘肃、湖北、山东等省区均有分布。其中有地表卤水, 有在盐湖固相盐类沉积孔隙中的晶间卤水, 也有底部卤水, 还有分布更广的不同时代的滨海相卤水矿藏。在干旱地区分布着许多无泻水条件的盐水、半咸水湖泊和沼泽<sup>[19,20]</sup>。另外, 美国也有丰富的地下咸水资源<sup>[21]</sup>, 主要分布在南部的阿拉巴马、亚利桑那、佛罗里达、伊利诺斯、印地安那、密歇根、密西西比、南卡罗来纳和德克萨斯州等地<sup>[22]</sup>。以色列也利用沙漠中的地下古海水进行海产经济动物的养

殖<sup>[23]</sup>。

1.3.2 利用天然咸水进行虾类养殖的形式 在我国北部的黄河三角洲和盐碱涝洼地区, 土壤盐渍程度高, 地表和地下渗水丰富且含盐量偏高, 当地充分利用滨海盐碱地土地资源, 通过挖池抬田、淡水冲盐、配水调盐进行对虾养殖<sup>[16,24]</sup>。

在美国南部, 地下咸水的含盐量一般都在10 g·kg<sup>-1</sup>以下<sup>[7]</sup>, 因此, 当地一般通过打井的方式获取低盐度的地下水直接进行对虾养殖, 无需添加淡水来调节盐度。

## 2 对虾内陆养殖的优点

### 2.1 暴发流行性疾病的可能性小

除封闭的死海湾外, 海洋是一个相互连通的开放水体, 各种生物包括病原生物都可自由扩大其分布区。在远离海岸的内陆甚至干旱地区养殖对虾, 使用的是被深层土壤覆盖并与地表生物隔绝的地下渗水, 只要做好防疫工作, 就可以免遭流行性病原生物物的感染<sup>[3]</sup>。

### 2.2 有效的开发盐碱地资源

全世界有大面积的盐碱荒地, 其中我国就有各类盐碱地约4.0×10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup><sup>[25]</sup>。盐碱地不能种植农作物, 这样大面积的土地几乎一直被荒废。而利用这些闲置的土地和天然咸水资源, 发展对虾养殖, 不仅可以带来可观的经济效益, 而且具有不可估量的社会效益。

## 3 对虾内陆养殖存在的问题

### 3.1 内陆天然咸水离子组成不协调

海水主要离子的组成是地球形成以来逐渐形成的, 各离子之间基本上有其恒定比值, 不受盐度和空间变化的影响。海洋生物经过亿万年的进化, 一般只能适应一定组成的海水。内陆咸水相对于海水在离子组成上变化很大, “海水组成恒定原理”并不适用于内陆咸水<sup>[26]</sup>, 而且不同地区的咸水在盐度和离子组成上也有较大差异, 因此很多地区的天然咸水资源都不能直接用于对虾养殖<sup>[4-7]</sup>。

长久以来, 在海水养殖中, 人们着重关注海水盐度、温度和溶解氧等因子, 而在内陆咸水养殖中, 水体的离子组成的重要性比盐度大得多<sup>[18,27]</sup>, 而对于水体离子对养殖动物生理生态学影响的研究还远不能满足生产的急需。

#### 3.1.1 K<sup>+</sup>和Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>比值对甲壳动物生理生态学的影响

相对于其它离子成分而言, K<sup>+</sup>在咸(海)水和淡水中所占的比例都很低<sup>[28]</sup>, 但它在无脊椎动物的代谢活动中担当重要角色<sup>[29]</sup>。Robertson<sup>[30]</sup>认为K<sup>+</sup>对于维持甲壳动物的神经肌肉系统的效能起着非常重要的作用, 而其他研究者认为K<sup>+</sup>在甲壳类代谢过程中的作用更加突出<sup>[30,31-33]</sup>。K<sup>+</sup>是甲壳动物Na-K-ATP酶正常行使功能必须的成分<sup>[34]</sup>, 环

境  $K^+$  缺乏或浓度偏低将抑制 Na-K-ATP 酶的活性<sup>[34,35]</sup>，进而降低动物进行体内外离子交换转运的能力，造成其生理功能紊乱。Zhu 等<sup>[36]</sup> 的实验表明，水体  $K^+$  含量偏低， $Na^+/K^+$  比值过高能导致凡纳滨对虾食欲不振、食物转化率低下、生长停滞、活力减退甚至死亡。

对于水体  $K^+$  含量偏低的现象，也有学者认为考虑到盐度的不同，单以  $K^+$  的浓度作为养殖水质的指标不能说明问题。Forsberg 等<sup>[26]</sup> 提出了以水中含量较稳定的  $Na^+$  与含量变化较大的  $K^+$  的浓度比值作指标，并且发现用地下咸水养殖的美国红鱼 *Sciaenops ocellatus* 的存活率与地下咸水的  $Na^+/K^+$  比值显著负相关。Zhu 等<sup>[36]</sup> 经实验分析指出，维持水体  $Na^+/K^+$  比值在 40~43 (mmol/mmol) 之间，凡纳滨对虾生长最快，并且认为在适宜的含盐量范围内，把  $Na^+/K^+$  比值作为衡量缺  $K^+$  氯化物型咸水区域养殖凡纳滨对虾适宜性和作为水质管理的指标是可行的。

### 3.1.2 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 对甲壳动物生理生态学的影响

除了  $K^+$  以外， $Mg^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$  等也是地下水中易缺乏而且对对虾的成活影响很大的离子<sup>[4,22]</sup>。另外，在我国北方的一些盐碱地区，地下咸水还缺  $Ca^{2+}$ <sup>[37]</sup>。

研究表明， $Mg^{2+}$  和  $Ca^{2+}$  都是维持表皮的完整性必不可少的成分<sup>[38]</sup>，水体  $Mg^{2+}$  和  $Ca^{2+}$  浓度直接影响到动物的表皮对水和离子的通透性<sup>[39-42]</sup>。Holiday<sup>[43]</sup> 发现大多数甲壳类总是将血淋巴  $Mg^{2+}$  的浓度调节到低于外界的水平，Dall 和 Smith<sup>[33]</sup> 对 4 种对虾的研究发现了同样的规律。然而， $Mg^{2+}$  是甲壳动物鳃 Na-K-ATP 酶正常行使功能不可缺少的成分<sup>[34]</sup>。水环境中的  $Mg^{2+}$  浓度过低，有可能造成体内  $Mg^{2+}$  的被动流失，从而抑制 Na-K-ATP 酶的活性，进而降低动物进行体内外离子交换转运的能力，造成其生理功能失调。

在蜕皮间期，十足目甲壳类血淋巴内的  $Ca^{2+}$  浓度总是要高于海水中的  $Ca^{2+}$  浓度<sup>[30,45]</sup>，但在蜕皮期几乎有占其体内 90% 的  $Ca^{2+}$  会丢失，所以新皮的钙化主要依靠从海水中吸收  $Ca^{2+}$ <sup>[46,47]</sup>。且在外界  $Ca^{2+}$  浓度较低时主要依靠 ATP 酶系统的主动转运来补充体内  $Ca^{2+}$  的不足<sup>[48]</sup>。Hessen 等<sup>[49]</sup> 的研究表明，水体  $Ca^{2+}$  过低明显延缓大型溞 *Daphnia magna* 的生长，因为低  $Ca^{2+}$  环境增加了主动吸收  $Ca^{2+}$  所需要的能量消耗。对虾体内没有  $Ca^{2+}$  的贮存机制，因而对虾需要不断地从环境中吸收  $Ca^{2+}$ <sup>[48,50]</sup>。在低  $Ca^{2+}$  的水体中对虾获取  $Ca^{2+}$  相对困难，蜕皮后表皮钙化缓慢，严重制约其生长。另外，环境中低  $Ca^{2+}$  浓度还会抑制甲壳动物鳃 Na-K-ATP 酶的活性<sup>[34]</sup>。

尽管有报道说甲壳动物的存活率与水体  $SO_4^{2-}$  浓度有一定的相关性<sup>[22]</sup>，但是 McGraw 和 Scarpa<sup>[44]</sup> 的实验表明  $SO_4^{2-}$  对凡纳滨对虾仔虾的短期存活没有影响。Forsberg 等<sup>[26]</sup> 认为水体  $SO_4^{2-}$  浓度过高可能会对养殖动物产生慢性毒性。

3.1.3 对于水体离子比例失衡的解决方法 对于离子缺乏的情况，通常都采取人工往水体中添加相应的盐来补充。缺  $K^+$  水体通常添加钾盐，如 KCl<sup>[16,24]</sup>，也有添加 KOH<sup>[51]</sup>，可以同时调高水体 pH 值；缺  $Mg^{2+}$  则添加镁盐，如  $MgCl_2$ <sup>[4,18]</sup>；缺  $Ca^{2+}$  添加钙盐，如  $CaCl_2$ <sup>[37]</sup>。

另外，因为水生动植物既可以从水中摄取矿物质，也可以从食物中获取，有人提出了在饲料中添加相应的矿物盐来达到提高养殖动物存活率和生长的目的<sup>[22]</sup>。已有的研究表明，在盐度 10 的稀释海水条件下，如果饲料中完全没有矿物质添加剂，凡纳滨对虾的生长速度降低了 11.8%；而在盐度 35 海水条件下，如果饲料中完全不添加矿物质，对虾的生长速度也降低了 7.2%<sup>[52]</sup>。这表明饲料矿物质的含量对对虾的生长是有影响的，而且这种影响又和水体中相应矿物离子的含量密切相关。Shiau 和 Hsieh<sup>[53]</sup> 的实验表明，斑节对虾养殖在半咸水条件下需要在饲料中添加钾盐。但是，目前尚无提高饲料中特定矿物盐含量用于补充某些离子含量偏低的地下水养殖对虾矿物质需求的报道。

除了某些离子浓度偏低外，有些地下咸水中还含有高浓度的铁、锰、二氧化碳和重碳酸盐<sup>[4]</sup>。对虾仔虾对水中的铁和锰氧化物或碳酸钙沉淀非常敏感。因此，地下水在使用前一定要经过充分曝气，使其中的铁和锰氧化物、重碳酸盐等沉淀，并使过多的二氧化碳挥发掉。

## 3.2 对资源和环境造成负面影响

虽然近十几年来，对虾的内陆养殖取得了巨大的经济效益，但同时一些养殖方式带来的负面效应也显现出来。主要包括土地和淡水使用矛盾、环境污染、淡水和土壤的盐碱化等 3 个方面。

3.2.1 土地和淡水的使用矛盾 20 世纪 90 年代末，由于受经济利益的驱使，内陆低盐度养虾模式在泰国飞速扩展，相当大面积的稻田被改为对虾养殖池<sup>[54,55]</sup>。于是到 1998 年的时候，斑节对虾的低盐度养殖已经深入到距离泰国湾沿海 200 多公里的纯淡水农业区<sup>[56]</sup>，使水稻种植用地大为减少。调配低盐度的养虾用水需要消耗大量的淡水，这势必对其它种类的养殖和农业灌溉用水造成影响<sup>[57]</sup>。在我国北方黄河沿岸的盐碱区域，人们广泛利用黄河淡水冲淡地下渗水来获得低盐度的对虾养殖用水<sup>[16,58,59]</sup>，这无疑给本来就缺乏淡水的黄河下游地区增加了用水负担。

3.2.2 排放物造成环境污染 对虾的内陆养殖一般都采用精养或半精养模式，高密度、大量投喂商品饲料、高换水率<sup>[60]</sup>。如果其养殖污水不经过处理就排放，将对周围水体产生大量的富营养化污染<sup>[61]</sup>。虾池排放的污染物有 3 种：固体污染物（主要是被水侵蚀下来的虾池土壤）、有机污染物（残饵、虾粪、死虾和浮游生物残骸）以及溶解代谢物（氨、尿素和二氧化碳等）<sup>[62,63]</sup>。经估算，在对虾养殖过程中，有占总投入量 78%~79% 的氮和 92%~95% 的磷

遗留在池塘和排放到外界<sup>[60]</sup>。在泰国,内陆低盐度养虾池塘的含高浓度营养物质、固体有机物和盐分的废水排放到淡水中,对附近的水稻和果树种植会造成严重影响<sup>[57]</sup>。

养殖过程中大量使用各种肥料、消毒剂、抗生素、杀虫剂、除藻剂等也会对周围环境造成不良影响。排放物中如果含有大量的抗生素,还将对附近的微生物群落造成影响<sup>[64]</sup>,甚至影响人和牲畜的健康<sup>[65]</sup>。

**3.2.3 周围淡水和土壤的盐碱化** 内陆低盐度对虾养殖,尤其是在非盐碱地的常规农业区域,由于含盐养殖废水的排放或渗漏,必将对周围的土壤和淡水构成盐碱化威胁。在泰国,有相当一部分内陆低盐度养虾池位于其国土中部的水稻高产区,虾池对周围环境盐碱化的问题尤为突出,过去盛产稻谷的土地现在都受到了低盐度对虾养殖的影响。据估算,在这些地区平均每个池塘每养一茬虾,就有23 t盐通过渗漏、废水排放和沉积留在了周围环境中。尽管采取零排放措施可以大大减少盐分的排放,但是由于渗漏,养殖每茬虾仍然有12.4 t的盐进入了周围土壤<sup>[66]</sup>。

在盐碱地区域进行低盐度养殖,虽然不会对周围土壤产生明显的盐碱化,但也存在一些环境隐患。在这些地区,大量抽取地下渗水,有可能降低当地的地下水位,引起附近高盐度卤水入侵甚至海水倒灌,从而使盐碱地区域扩大,盐碱化加重。20世纪70年代,因为大量抽取地下水,山东莱州湾沿岸就发生了海水入侵内陆的灾难<sup>[25]</sup>。因此,在利用地下咸水养殖时应重视盐碱化加重的可能性。

## 4 问题的解决方法与展望

### 4.1 立法限制和引导

尽管内陆低盐度对虾养殖可以产生巨大的经济效益,但是基于环境安全和人类生存的长远考虑,应该制定相关法律禁止在常规淡水农业区域采用这种养殖模式(淡水加盐)。泰国政府在20世纪末就制定了法规,将内陆低盐度养虾限定在几个沿海省份的半咸水区域,并且规定虾场必须修建隔离沟或在池底铺上衬膜,以防止盐水渗漏,同时限制废水的排放<sup>[1]</sup>。而且,相关部门还要对盐碱地区域的咸水养殖进行管理,在易发生高盐度咸水入侵的地区,以及有可能发生海水倒灌的滨海地带,限制建立养殖场,或者指导其进行操作,禁止盲目开发,以免发生环境恶化的事故。

### 4.2 慎重选址

除了立法限制养殖区域外,对于内陆养虾场的建设地点也要慎重选择。由于内陆地下咸水的离子组成千差万别,并非所有的地下咸水都适宜用作养殖用水,因此对地下水成分的适宜性检测是建立养殖场的第一步<sup>[22]</sup>。此外,还要对现场的土质进行仔细勘测,因为土质决定了土壤的保水

性能。

### 4.3 鼓励咸水对虾养殖相关科学研究

政府应鼓励针对地下咸水的组成成分与养殖动物生理生态学关系的研究,以及内陆咸水养殖业的生态环境效应的研究。发展内陆咸水养殖,大部分地区天然咸水的离子组成不协调是最大的障碍<sup>[4]</sup>。由于内陆低盐度对虾养殖刚兴起不久,离子不平衡的问题是在实践中发现的,所以目前针对水体离子组成与养殖动物生理生态学关系的研究才刚刚起步。要开发盐碱地资源,发展对虾内陆养殖,必须加强这方面的科学研究。另外,由于这种养殖是一种新模式,而且大量抽取(消耗)地下水,盐水排放和咸水上提,都必定对当地的生态环境带来冲击,所以相关生态学效应研究也要加强。

### 4.4 加强病源监控,防止流行病向内陆养殖区蔓延

尽管内陆对虾养殖区在空间上相对封闭,养殖水源也多为地下咸水,暴发流行性疾病的危险较小,但是,虾苗自身携带的病原仍然有可能引起暴发性疾病<sup>[67]</sup>。因此,必须加强虾苗的检疫工作,加快无特定病原(SPF)亲虾和虾苗的培育,加强对已发病区域的隔离和消毒,还要加强内陆养殖区域防病技术的研究。

### 4.5 发展封闭式循环水养殖模式

由于常规对虾养殖的固有特性,养殖过程中大量使用商品饲料、换水和排污,必然对周边环境带来不利影响。而低盐度对虾养殖通常在内陆甚至干旱地区进行,用水矛盾更加突出。因此,发展封闭式循环水养殖势在必行。如美国的Belize封闭式水产养殖系统,就基本上实现了养殖用水的循环使用和废物的零排放,饲料蛋白的利用效率比传统养殖方式提高60%以上,虾池的使用效率达到了96%<sup>[68]</sup>。封闭式循环水养殖在提高养殖效率的同时能极大降低水资源消耗、对环境基本无污染,而且能避免或减轻对附近土壤的盐碱化,是一种可持续的养殖方式。

### 4.6 总结与展望

综前所述,对虾的内陆养殖模式有其独特的优势(与海洋隔离,基本无流行病危险),但其发展也有难点(很多地方的地下咸水离子组成不协调,不能直接用于养殖),还有其缺点(用地和用水矛盾、污染环境、盐碱化问题等)。对于这种新兴的养殖模式,只要政府加强立法和引导,禁止在常规淡水农业区域进行海水对虾养殖,鼓励相关科学研究,倡导封闭式循环水养殖,就完全有可能使其成为一种可持续发展的产业。

### 参考文献:

[1] Boyd C. Inland shrimp farming and the environment [J]. World

- Aquac, 2001, 32 (1): 10-12.
- [2] McIntosh D, Fitzsimmons K. Characterization and evaluation of effluent from an inland shrimp farm as an irrigation source [A]. Aquaculture, 2001; Book of Abstracts [C]. World Aquaculture Society. Baton Rouge, LA: Louisiana State University, 2001. 423.
- [3] Jiang D, Gong H. Developing inland shrimp farming in arid regions [A]. World Aquaculture 2002; Book of Abstracts [C]. World Aquaculture Society. Baton Rouge, LA: Louisiana State University, 2002. 330.
- [4] Boyd C E. Inland shrimp farming [A]. World Aquaculture 2002; Book of Abstracts [C]. World Aquaculture Society. Baton Rouge, LA: Louisiana State University, 2002. 83.
- [5] 刘瑞玉. 我国对虾养殖的现状、研究进展与存在的若干问题 [A]. 第四届世界华人虾类养殖研讨会论文摘要汇编 [C]. 青岛, 中国科学院海洋研究所, 2004. 2-10.
- [6] Samocha T M, Davis A D, Lawrence A L, et al. Intensive and super-intensive production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in greenhouse-enclosed raceway systems [A]. Aquaculture 2001; Book of Abstracts [C]. World Aquaculture Society. Baton Rouge, LA: Louisiana State University, 2001. 573.
- [7] Saoud I P, Davis D A, Rouse D B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture [J]. Aquac, 2003, 217 (1-4): 373-383.
- [8] Szuster B W. Cumulative environmental effects of low salinity shrimp farming in Thailand [M]. Unpublished Ph D Dissertation. Department of Geography, University of Victoria, 2001.
- [9] 王克行. 虾蟹类增殖学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 155, 182-183.
- [10] 苟中华, 国俭文, 孙同秋, 等. 沿黄盐碱地刀额新对虾养殖技术 [J]. 科学养鱼, 2004 (3): 29.
- [11] Committee on inland shrimp farming. Environmental impact of shrimp farming in freshwater area [M]. Ministry of Science, Technology and Environment. Bangkok, Thailand, 1998.
- [12] Ponzas S. An investigation of intensive marine shrimp culture in inland water of central Thailand [M]. Unpublished Masters thesis. Asia Institute of Technology, School of Environment, Resources, and Development. Bangkok, Thailand, 1999.
- [13] 褚丕玉. 内陆地区池塘淡水养殖南美白对虾应注意的几个问题 [J]. 中国水产, 2003, (3): 52-54.
- [14] 何连金, 杨甘霖. 砂虾人工淡水驯化试验报告 [J]. 福建水产, 1994, (3): 23-26.
- [15] 王立民. 南美白对虾内陆池塘养殖的四个技术问题 [J]. 齐鲁渔业, 2004, 21 (6): 31.
- [16] 李鲁晶, 王春生, 朱丰锡, 等. 盐碱地渗水调配养殖南美白对虾技术 [J]. 齐鲁渔业, 2002, 19 (11): 6-8.
- [17] Samocha T M, Hamper L, Emberson C R, et al. Review of some recent developments in sustainable shrimp farming practices in Texas, Arizona and Florida [J]. J Appl Aquac, 2002, 12 (1): 1-30.
- [18] Boyd C E, Thunjai T. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States [J]. J World Aquac Soc, 2003, 34 (4): 524-532.
- [19] 史为良. 地下卤水、盐水和地表咸水在水产养殖中的应用问题 [J]. 齐鲁渔业, 2001, 18 (6): 28-30.
- [20] 韩有松, 孟广兰, 王少青. 中国北方沿海第四纪地下卤水 [M]. 北京: 科学出版社, 1996. 1-196.
- [21] Feth J H. Saline groundwater resources of the conterminous United States [J]. Water Resour Res, 1970, 6: 1454-1457.
- [22] Davis D A, Saoud I P, McGraw W J, et al. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters [A]. In: Cruz-Suárez L E, Riquelme-Marie D, Tapia-Salazar M, et al (Eds.). Advances en Nutrición Acuicola Memorias del Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Setiembre del 2002 [C]. Cancún, Quintana Roo, México, 2002. 73-90.
- [23] 赵亚伟. 以色列防治荒漠化的办法对我们的启示 [J]. 科技情报开发与经济, 2002, 12 (4): 55-56.
- [24] 刘金明. 提高盐碱地渗水养殖中国对虾成活率试验 [J]. 齐鲁渔业, 2001, 18 (1): 13-14.
- [25] 邢军武. 盐碱荒漠与粮食危机 [M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993. 10-97.
- [26] Forsberg J A, Dorsett P W, Neill W H. Survival and growth of red drum *Sciaenops ocellatus* in saline groundwaters of West Texas, USA [J]. J World Aquac Soc, 1996, 27 (4): 462-474.
- [27] Fielder D S, Bardsley W J, Allan G L. Survival and growth of Australian snapper, *Pagrus auratus*, in saline groundwater from inland New South Wales, Australia [J]. Aquac, 2001, 201 (1-2): 73-90.
- [28] Horne R A. Marine chemistry. The structure of water and the chemistry of the hydrosphere [M]. New York: John Wiley and Sons Inc, 1969. 568.
- [29] Schmidt-Nielsen K. Animal Physiology: Adaptation and Environment. 4th ed [M]. New York: Cambridge University Press, 1990. 304-313.
- [30] Robertson J D. Osmotic and ionic regulation [A]. In: Waterman T H. The physiology of Crustacea, Vol. I. Metabolism and growth [C]. Academic Press, New York & London, 1960. 317-339.
- [31] Gross W J. Potassium and sodium regulation in an intertidal crab [J]. Biol Bull, 1958, 114: 334-347.
- [32] Bursey C R, Lane C E. Osmoregulation in the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad [J]. Comp Biochem Physiol, 1971, 39 (3): 483-493.
- [33] Dall W, Smith D M. Ionic regulation of four species of penaeid prawn [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1981, 55: 219-232.
- [34] Winkler A. Effects of inorganic sea water constituents on branchial Na-K-ATPase activity in the shore crab *Carcinus maenas* [J]. Mar Biol, 1986, 92: 537-544.

- [35] Lucu Ć, Pavičić D. Role of seawater concentration and major ions in oxygen consumption rate of isolated gills of the shore crab *Carcinus mediterraneus* Crsn [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1995, 112 (3-4): 565-572.
- [36] Zhu C, Dong S, Wang F, *et al.* Effects of Na/K ratio in seawater on growth and energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei* [J]. *Aquac*, 2004, 234 (1-4): 485-496.
- [37] 孙同秋. 盐碱地地表水养殖南美白对虾池塘底质与水质的改善 [J]. *齐鲁渔业*, 2002, 19 (12): 5-6.
- [38] Douglas W S, Horne M T. The interactive effects of essential ions and salinity on the survival of *Mysidopsis bahia* in 96-H acute toxicity tests of effluents discharged to marine and estuarine receiving waters [J]. *Environ Toxicol Chem*, 1997, 16 (10): 1996-2001.
- [39] Potts W T W, Fleming W R. The effect of environmental calcium and ovine prolactin on sodium balance in *Fundulus kansae* [J]. *J Exp Biol*, 1971, 54: 63-75.
- [40] Dharmamba M, Maetz J. Effects of hypophysectomy and prolactin on the sodium balance of *Tilapia mossambica* in fresh water [J]. *Gen Comp Endocrinol*, 1972, 19: 175-183.
- [41] Ogawa M. The effects of ovine prolactin sea water and environmental calcium on water influx in isolated gills of the euryhaline teleosts *Anguilla japonica* and *Salmo gairdneri* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1974, 49 (3): 545-553.
- [42] Wendelaar Bonga S E, Löwik C J M, Van der Meij J C A. Effects of external  $Mg^{2+}$  and  $Ca^{2+}$  on branchial osmotic water permeability and prolactin secretion in the teleost fish *Sarotherodon mossambicus* [J]. *Gen Comp Endocrinol*, 1983, 52: 222-231.
- [43] Holliday C W. Magnesium transport by the urinary bladder of the crab, *Cancer magister* [J]. *J Exp Biol*, 1980, 85: 187-201.
- [44] McGraw W J, Scarpa J. Minimum environmental potassium for survival of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in freshwater [J]. *J Shellf Res*, 2003, 22 (1): 263-267.
- [45] Prosser C L. Comparative animal physiology. 3rd edition [M]. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 1973. 966.
- [46] Graf F. Les sources de calcium pour les *Crustacés venant de mer* [J]. *Arch Zool Exp Gen*, 1978, 119: 143-161.
- [47] Robertson J D. Ionic regulation in the crab *Carcinus maenas* (L.) in relation to the moulting cycle [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1960, 1 (1): 183-212.
- [48] Greenaway P. Uptake of calcium at the postmoult stage by the marine crabs *Callinectes sapidus* and *Carcinus maenas* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1983, 75 (2): 181-184.
- [49] Hessen D O, Alstad N E W, Skardal L. Calcium limitation in *Daphnia magna* [J]. *J Plankton Res*, 2000, 22 (3): 553-568.
- [50] Robertson J D. Further studies on ionic regulation in marine invertebrates [J]. *J Exp Biol*, 1953, 30: 277-296.
- [51] Allan G L, Fielder D S. Can aquaculture help address problems with rising salinity in Australia [A]. *World Aquac 2002: Book of Abstracts* [C]. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA: Louisiana State University, 2002. 32.
- [52] Davis D A, Bierdenbach J, Lawrence A L. Qualitative effects of dietary mineral supplementation, salinity and substrate on growth and tissue mineralization for *Penaeus vannamei* [A]. *World Aquaculture Society Meeting* [C]. Halifax, Canada, 1990.
- [53] Shiau S Y, Hsieh J F. Dietary potassium requirement of juvenile grass shrimp *Penaeus monodon* [J]. *Fish Sci*, 2001, 67 (4): 592-595.
- [54] Pongnak W. Case study on the impact and conflict in using the nations freshwater land resources for farming panaeid shrimp [J]. *Greenline*, 1999, 4 (6-9): 6-15.
- [55] Flaherty M, Vandergeest P, Miller P. Rice paddy or shrimp pond: Tough decisions in rural Thailand [J]. *World Development*, 1999, 12: 2045-2060.
- [56] Ministry of science, technology and environment. Environmental impact of shrimp farming in freshwater areas [A]. *Committee on Inland Shrimp Farming* [C]. Bangkok, Thailand. December, 1998.
- [57] Braaten R, Flaherty M. Hydrology of inland brackishwater shrimp ponds in Chachoengsao, Thailand [J]. *Aquac Engin*, 2000, 23 (4): 295-313.
- [58] 赵丙彦, 匡柏林, 扈胜吉. 盐碱地池塘养殖南美白对虾技术总结 [J]. *河南水产*, 2002, (1): 20-21.
- [59] 李晓明, 田旭日. 盐碱地下水南美白对虾养殖技术 [J]. *河北渔业*, 2002, (5): 23-24.
- [60] Funge-Smith S, Briggs M R P. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: Implications for sustainability [J]. *Aquac*, 1998, 164 (1-4): 117-133.
- [61] Pollution Control Department. A survey of water pollution sources from aquaculture [A]. Report prepared by the network of aquaculture centers in Asia (NACA) [M]. Bangkok: Ministry of Science, Technology and Environment, 1996.
- [62] Briggs M R P, Funge-Smith S J. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand [J]. *Aquac Fish Manag*, 1994, 25: 789-811.
- [63] Tookwinas S. The environmental impact of marine shrimp farming effluents and carrying capacity estimation at Kung Kraben Bay, Eastern Thailand [J]. *Asian Fish Sci*, 1998, 11: 303-316.
- [64] Samuelson O B, Torsiuk V, Ervik A. Long-range changes in oxytetracycline concentration and bacterial resistance towards oxytetracycline in a fish farm sediment after medication [J]. *Sci Total Environ*, 1992, 114: 25-36.
- [65] Nygaard K, Lunestad B T, Hektoen H, *et al.* Resistance to oxytetracycline, oxolinic acid, and furazolidone in bacteria from marine sediments [J]. *Aquac*, 1992, 104 (1-2): 31-36.

- [66] Braaten R, Flaherty M. Salt balances of inland shrimp ponds in Thailand. Implications for land and water salinization [J]. *Environ Conservation*, 2001, 28 (4): 357-367.
- [67] 谢芝勋. 对虾病毒病研究进展 [J]. *动物医学进展*, 2003, 24 (2): 27-30.
- [68] McIntosh R P. Changing paradigms in shrimp farming. Part V. Establishment of heterotrophic bacterial communities [J]. *Global Aquac Advocate*, 2000, 3 (6): 52-54.

## 欢迎订阅 2006 年度《现代渔业信息》

《现代渔业信息》杂志系农业部主管, 中国水产科学研究院东海水产研究所主办, 并与农业部东海区渔政渔港监督管理局、农业部黄渤海区渔政渔港监督管理局、江苏省海洋与渔业局等四十七个单位协办的一本供全国农、林、水系统各级领导、高等院校教师、科技人员以及生产单位工作者参阅的渔业科技综合性信息刊物(月刊)。

本刊被评为全国水产系统和上海市优秀刊物, 1993 年被美国收入国际期刊名录, 向国内外公开发行。报道的主要内容侧重于国外渔业生产、水产科学技术的新动态、新工艺、新材料和新方法等信息; 同时报道国内渔业生产、科技及教育等方面进展动态。21 世纪是信息时代, 对您单位或个人及时了解国内外渔业发展动向, 掌握国内外水产科学发展趋势, 特别是对各级领导正确决策、科研人员开阔思路、院校教师更新教材以及生产单位技术改造、引入竞争机制等均有重要参考价值。

本刊国际标准刊号: ISSN 1004-8340, 国内统一刊号: CN 31-1465/S, 国际大 16 开本, 国内邮发代号: 4-625, 每期 4.00 元, 全年 12 期, 共计 48.00 元。欲订阅者, 请到当地邮局办理订阅。若当地邮局订阅不便, 可与《现代渔业信息》杂志编辑部发行部联系办理订阅。

户名: 中国水产科学研究院东海水产研究所, 帐号: 1001222309026400731, 开户行: 工行杨树浦桥分理处

广告、发行部联系人: 徐吟梅

地址: 上海市军工路 300 号 邮编: 200090

电话: 021-55530500 传真: 021-65683926