

文章编号: 1674 - 5566(2012)06 - 0955 - 10

## 凡纳滨对虾池塘水质及对虾肌肉品质的对比分析

李世凯<sup>1</sup>, 江敏<sup>1</sup>, 戴习林<sup>1</sup>, 刘利平<sup>1</sup>, 胡伟国<sup>2</sup>, JAMES S. DIANA<sup>3</sup>

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 上海市奉贤区水产技术推广站, 上海 201400; 3. 密歇根大学 自然资源与环境学院, 美国密歇根 48109)

**摘要:** 2010年5-9月期间,对上海奉贤区两个养殖场采取不同养殖方式的22个凡纳滨对虾养殖塘的水温(T)、总溶解盐(TDS)、溶解氧(DO)、pH、透明度(SD)、亚硝酸盐氮(NO<sub>2</sub>-N)、总氨氮(TAN)、硝酸盐氮(NO<sub>3</sub>-N)、总氮(TN)、活性磷(PO<sub>4</sub>-P)、总磷(TP)、叶绿素a(Chl. a)、五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)等因素进行监测,其中1号场养殖用水为经沉淀处理的天然河水,而2号场则为添加了海水晶的河水。结果表明:试验期间水体的温度、DO、pH变化幅度不大,基本可满足凡纳滨对虾生长的条件;总体上硝酸盐氮(NO<sub>3</sub>-N)在无机氮(TIN)中所占比例最高,总氨氮(TAN)在TIN中所占比例随养殖周期的推延而增加,养殖后期NO<sub>2</sub>-N所占比例升高趋势明显;活性磷含量则逐渐下降,总磷逐渐升高;BOD<sub>5</sub>、叶绿素a的含量随时间延长而逐渐上升。测定了两个养殖场成虾的肌肉品质结果如下:1号场南美白对虾肌肉的粗蛋白和粗脂肪含量分别为16.30%和1.42%,低于2号场的18.30%和1.61%;1号场成虾氨基酸总量为23.27%,其中必需氨基酸含量为9.09%,而2号场则分别为27.52%和10.74%;在鲜味氨基酸方面,1号、2号养殖场的含量分别为8.52%和10.16%。

**研究亮点:** 研究了两个不同养殖方式的凡纳滨对虾养殖场各池塘水质变化规律,根据养殖用水相关标准进行了评价;用目前常用的氨基酸评分、化学评分及必需氨基酸指数等指标评价了在不同盐度环境下生长的凡纳滨对虾的肌肉品质。

**关键词:** 凡纳滨对虾; 水质; 肌肉品质; 氨基酸  
**中图分类号:** S 912  
**文献标志码:** A

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)具有耐高温、抗病力强和食性杂等特征,是世界上产量最大的三大养殖虾之一。体色为浅灰色,壳薄体肥,肉质鲜嫩,营养丰富,生长速度快,60 d即可达上市规格。适盐范围广(0~40),可采取纯淡水、半咸水、海水等多种养殖模式,从自然海区到淡水池塘均可生长,是“海虾淡养”的优质品种<sup>[1]</sup>,因其在低盐及淡水条件下养殖可有效地防止对虾白斑病的发生,凡纳滨对虾低盐度养殖在中国占有非常大的比例,但有研究显示,海水养殖的对虾比淡水养殖对虾味道要鲜美<sup>[2]</sup>。水质调控和管理是水产养殖过程中非常重要的环节之一,对虾养殖中应按照凡纳滨对虾对水质的要

求,始终保持良好的水环境状况,以确保健康生长及高产稳产。在本次研究中,对地处上海市奉贤区,采用不同养殖方式的两个养殖场的虾池水体进行了跟踪监测,探讨其水质的变化规律;同时对收获虾的肌肉品质进行分析,了解通过往淡水中添加海水晶、以及直接采用河道中的淡水进行凡纳滨对虾养殖对肌肉品质的影响差异,期为实际生产提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 虾池的概况及采样点布设

试验于2010年5月-9月在上海市奉贤区的两个养殖场进行。采样点布设主要情况如下:

收稿日期: 2012-03-09 修回日期: 2012-04-29

基金项目: 美国 ACRSP 项目(09BMA05UM); 上海市农委[沪农科攻字(2010)第1-6号]; 上海市教育委员会重点学科建设项目(J50701)

作者简介: 李世凯(1988—),男,硕士研究生,研究方向为环境科学。E-mail: lishikai\_shou@hotmail.com

通讯作者: 江敏, E-mail: mjiang@shou.edu.cn

1 号养殖场中池塘水样 11 个(A4-A5, A8-A16); 2 号养殖场中池塘水样 11 个(B4-B8, B10-B15)。养殖场采样点分布见图 1。

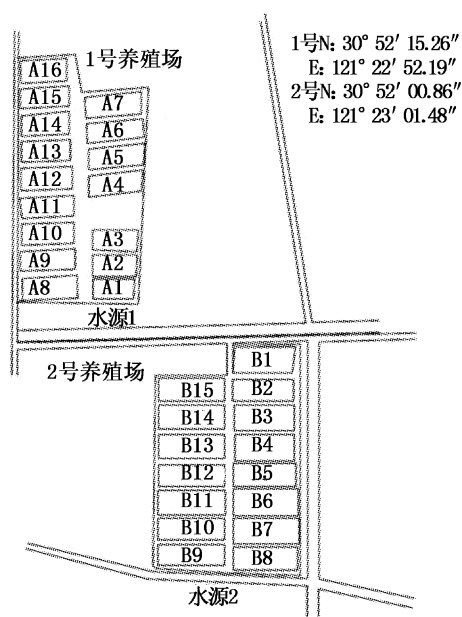


图 1 采样点分布图

Fig. 1 Distribution of sampling station

1 号养殖场各池塘面积约为 0.28 hm<sup>2</sup>, 深 2 m, 有效水深 1.2 m 左右。每个塘配备 1 台 1.5 kW 的叶轮式增氧机和 1 台 1.5 kW 潜水式增氧机, 每天早、晚各开启 4 h。养殖用水为天然河水, 经过滤沉淀处理后用于养殖。池塘的总溶解盐含量范围是 200 ~ 469 mg/L, 平均为 311.7 mg/L。对虾苗放养密度为 5 万尾/亩。养殖期间投喂配合饲料, 每次均量, 早上 5:00、下午 16:00 和 20:00 各投一次。饲养 2 个周期, 第一个养殖周期从 5 月初到 7 月中旬, 第二个养殖周期从 7 月中旬到 9 月下旬。在第一个周期结束后到第二

个周期开始前对所有养殖塘排出其部分水量, 并及时加注新水。

2 号养殖场各塘面积约为 0.39 hm<sup>2</sup>, 深 2 m, 有效水深 1.2 m 左右, 配备 3 台 1.5 kW 的叶轮式增氧机和 2 台 1.5 kW 潜水式增氧机, 各养殖塘水中投加了海水晶, 其总溶解盐含量为 587 ~ 2 490 mg/L, 平均为 1 010.2 mg/L, 且在第一个养殖周期结束后并没有对养殖塘进行换水, 而是直接开始第二个养殖周期。其余养殖方式与 1 号场相同。

## 1.2 样品的采集

在 2010 年 5 月 13 日虾苗投放时开始第一次采集水样, 之后每两周对 22 个池塘及其水源进行采样, 采样时间为上午 9:00 至 10:00。用采水器取池塘中 3 个不同点表面以下 0.5 m 处的水混匀。现场记录天气情况、透明度、溶氧、温度、采样时间并判断水色。水样带回实验室当天进行其他指标的测定。第二个养殖周期结束时, 即 2010 年 9 月 21 日, 从 1 号养殖场的 A8、A9、A10、A11、A12, 以及 2 号养殖场的 B11、B12、B13、B14、B15 共 10 个池塘中取成虾, 每个养殖场共取虾 1 kg, 将来自同一养殖场不同池塘的虾肌肉混合匀浆后用于后续肌肉品质的测定。

## 1.3 主要水质理化因子及凡纳滨对虾肌肉品质的测定

水质指标及对虾肌肉的主要监测项目及方法详见表 1, 具体方法参照地表水和污水监测技术(HJ/T52—1999)<sup>[3]</sup>和地表水环境质量标准(GB 3838—2002)<sup>[4]</sup>。对虾肌肉主要检测: 虾体水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪及 18 种氨基酸的含量。

表 1 监测项目及方法

Tab. 1 Monitoring parameters and methods

监测项目	方法标准	监测项目	方法标准
透明度	圆盘法 SL87—1994	NO <sub>3</sub> -N	离子色谱法 GB 13580.5—92
pH	玻璃电极法 GB 6920—86	NO <sub>2</sub> -N	离子色谱法 GB 13580.5—92
溶解氧	电化学探头法 GB 11913—89	氨氮	纳氏试剂比色法 GB/T 7479—1987
悬浮物	重量法 GB 11901—1989	TN	碱性过硫酸钾法 GB 11894—1989
叶绿素 a	乙醇萃取分光光度法 <sup>[5]</sup>	PO <sub>4</sub> -P、TP	钼酸铵分光光度法 GB 11893—1989
氨基酸	GB/T 5009.124—2003	灰分	550 °C 干法 GB 5009.4—2010 <sup>[6]</sup>
粗脂肪	索氏抽提法 GB/T 6433—2006 <sup>[7]</sup>	粗蛋白	微量凯氏定氮法 GB/T 6432—1994 <sup>[8]</sup>
水分	常压干燥法 GB/T 5009.3—2010 <sup>[9]</sup>		

### 1.4 凡纳滨对虾肌肉品质营养价值评定

营养价值的评定根据 FAO/WHO (1973) 建议的每克氮氨基酸评分标准模式<sup>[10]</sup>和中国预防医学科学院和营养与食品卫生研究所的鸡蛋蛋白模式<sup>[11]</sup>进行比较,氨基酸评分( $S_{AA}$ )、化学评分( $S_C$ )和必需氨基酸指数( $I_{EAA}$ )<sup>[12]</sup>按以下公式求得:

$$S_{AA} = \frac{Q}{W} \quad (1)$$

$$S_C = \frac{Q}{S} \quad (2)$$

$$I_{EAA} = \sqrt[n]{\frac{100a}{A} \times \frac{100b}{B} \times \frac{100c}{C} \times \frac{100d}{D} \times \dots \times \frac{100i}{I}} \quad (3)$$

式中: $n$ 为比较的必需氨基酸个数; $a, b, c, d, \dots, i$ 为试验蛋白质每克氮中所含的必需氨基酸(mg); $A, B, C, D, \dots, I$ 为鸡蛋蛋白质的必需氨基酸(mg); $Q$ 为试验蛋白每克氮中所含氨基酸的毫克数(mg); $W$ 为 FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量(mg); $S$ 为鸡蛋蛋白每克氮中同种氮

氨基酸含量(mg)。

## 2 结果与分析

### 2.1 凡纳滨对虾养殖塘水质变化规律

#### 2.1.1 水温和总溶解盐(TDS)

水温是对虾养殖中一项极为重要的环境因子,凡纳滨对虾能在 6~40℃ 水域中存活,适宜生长水温为 22~35℃,在 27~31℃ 时生长最快。当水温低于 18℃ 时摄食活动会受影响<sup>[13]</sup>。在采样期间(5月上旬到9月中旬)1号和2号养殖场水温变化范围分别在 18.5~30.6℃ 和 18~30.7℃ 之间,均基本满足了凡纳滨对虾生长对温度的要求。

养殖用水均来自经过滤沉淀后的天然河水,两个养殖池塘的水源 TDS 无显著差异(图 2),均处在 300 mg/L 左右;而 2 号养殖场由于在投放虾苗前往池塘添加了海水晶,其 TDS 明显要高于 1 号养殖场和水源,平均在 1 010.2 mg/L。

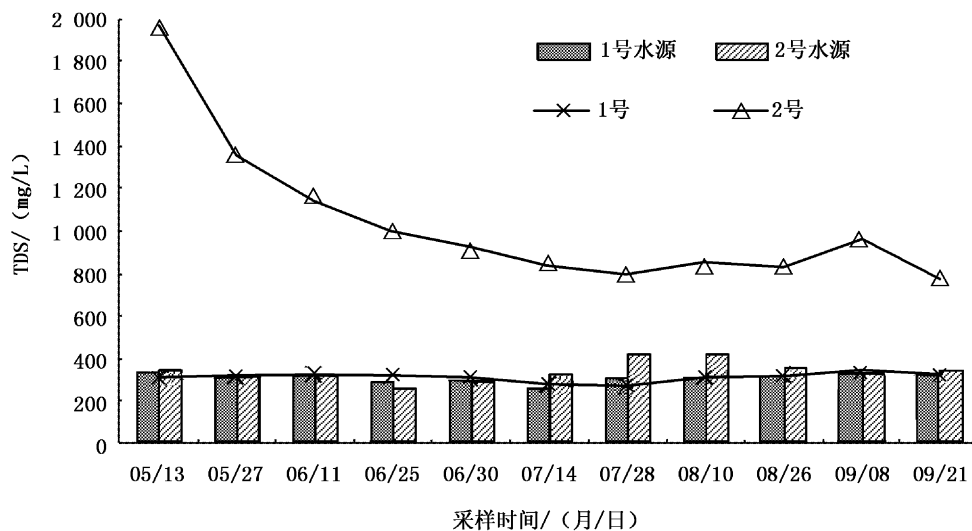


图 2 2010 年凡纳滨对虾养殖塘和水源 TDS 变化

Fig. 2 Changes of TDS in *L. vannamei* culturing ponds and source river in 2010

#### 2.1.2 透明度和悬浮物(SS)

透明度的高低与水中有机碎屑和无机悬浮物的数量及水中浮游植物、浮游动物的种类和数量密切相关<sup>[14]</sup>。较低的透明度易造成水质恶化。在凡纳滨对虾的养殖过程中,透明度以 30~40 cm 为宜<sup>[15]</sup>。如图 3 所示,1 号和 2 号养殖场池塘水透明度分别为 20~44 cm 和 15~45 cm。在养

殖前期,两个养殖场池塘水的透明度均较高,基本满足养殖所需,随着养殖时间的延长,2 号场各养殖塘水体透明度总体呈明显下降趋势;而 1 号养殖场透明度在 7 月中旬总体也逐渐下降,但由于曾换水的缘故,之后则呈现短暂的升高然后又逐渐下降的趋势。

悬浮物 SS 与透明度变化趋势相反,1 号和 2

号养殖场 SS 平均为 31 ~ 86 mg/L 和 11 ~ 94 mg/L, 其中各池塘悬浮物分别为 4 ~ 208 mg/L 和 6 ~ 156 mg/L。根据《上海农产品产地环境标准》<sup>[16]</sup> 的要求, 即“悬浮物应低于 100 mg/L”, 1 号养殖场在第一个养殖周期期间超标达 13%, 且超标均出现在第一个养殖周期的后期, 第二个养殖周期仅 2% 超标; 2 号养殖场在第一个养殖周期期间超标达 4.1%, 而后一个养殖周期超标达 20%, 整个养殖期间超标率为 12%。可见, 换水可有效降低池塘的悬浮物含量。

### 2.1.3 pH 和溶解氧(DO)

凡纳滨对虾 pH 适应范围为 7.5 ~ 8.6<sup>[17]</sup>。1 号和 2 号养殖场池塘水体 pH 变化范围分别为 7.65 ~ 8.87 和 7.95 ~ 9.04。图 4 显示 1 号养殖场 pH 随养殖周期延长, 有较大的波动, 2 号养殖场 pH 变化相对平稳。

一般认为良好溶解氧水平应在 4 mg/L 以上。

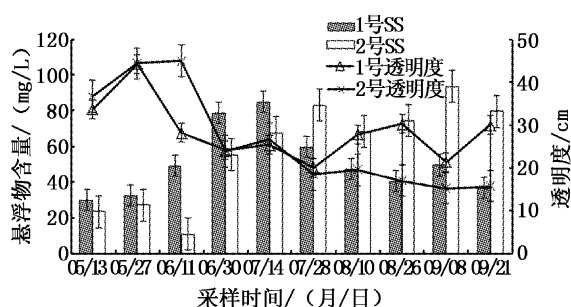


图 3 2010 年凡纳滨对虾养殖塘透明度和悬浮物变化  
Fig. 3 Changes of transparency and suspended substances in *L. vannamei* culturing ponds in 2010

水中溶解氧不足, 对虾运动能力下降, 食欲减退, 疾病增多, 严重时可造成对虾浮头甚至窒息死亡<sup>[14]</sup>。1 号和 2 号养殖场池塘水体 DO 变化范围为 3.67 ~ 7.69 mg/L 和 6.73 ~ 10.67 mg/L。2 号养殖场各塘的 DO 总体高于 1 号, 这可能与其放置的增氧机数量有关。

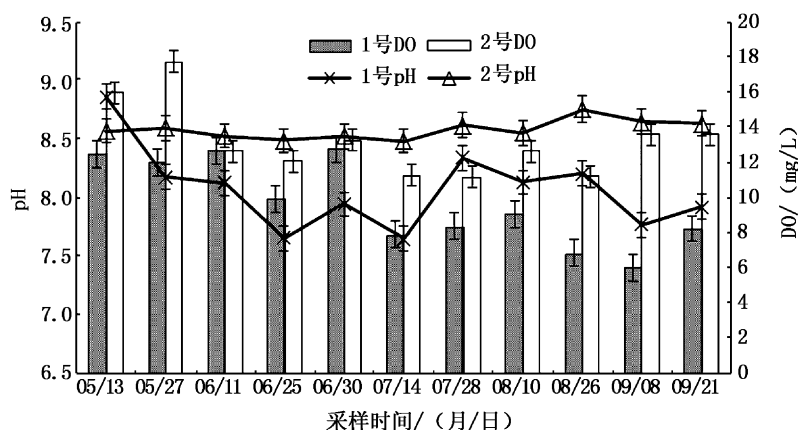


图 4 2010 年凡纳滨对虾养殖塘 pH 和 DO 变化  
Fig. 4 Changes of pH and DO in *L. vannamei* culturing ponds in 2010

### 2.1.4 叶绿素 a

1 号和 2 号养殖场池塘水体叶绿素 a 变化范围为 0.025 ~ 0.138 mg/L 和 0.008 ~ 0.321 mg/L, 养殖期间呈明显的上升趋势, 而 2 号养殖场上升的趋势更为明显(图 5), 这与该场养殖期间未大规模换水, 营养物质持续积累, 从而促进了浮游植物生长有关。

### 2.1.5 总氮(TN)及三态氮

图 6 为两个养殖场各池塘水中 TN、NO<sub>3</sub>-N、TAN 和 NO<sub>2</sub>-N 含量的变化情况。1 号和 2 号养殖场池塘水体 TN 分别为 1.023 ~ 6.493 mg/L 和 0.111 ~ 7.471 mg/L; NO<sub>3</sub>-N 为 0.75 ~ 2.16 mg/L

和 0.33 ~ 2.03 mg/L, 与 TN 变化趋势一致。NO<sub>2</sub>-N 作为硝酸盐和铵盐还原与氧化过程的中间产物, 其在水体中的含量较不稳定, 两场池塘水中含量分别为 0.25 ~ 1.82 mg/L 和 0.005 ~ 0.628 mg/L, 且随着养殖周期而呈上升趋势。总氮包括铵离子和非离子氨(UIA)两部分, 其中后者具有较强的脂溶性, 易透过细胞膜, 对水生生物有很强的毒性<sup>[18]</sup>, 渔业水质标准<sup>[19]</sup>(GB 11607—89)规定非离子氨氮含量不得超过 0.020 mg/L。但由图 6 可知, 1 号和 2 号养殖场池塘水体 UIA 变化范围为 0.015 ~ 0.086 mg/L 和 0.04 ~ 0.43 mg/L, 均高于渔业水质标准的规定, 因此在养殖期间需要

采取针对性的净化水质措施。 $\text{NO}_3\text{-N}$  占三态氮比例最高,且较为稳定,随着养殖周期的推延,总体有增加的趋势;养殖后期  $\text{NO}_2\text{-N}$  占三态氮比例升高趋势明显。

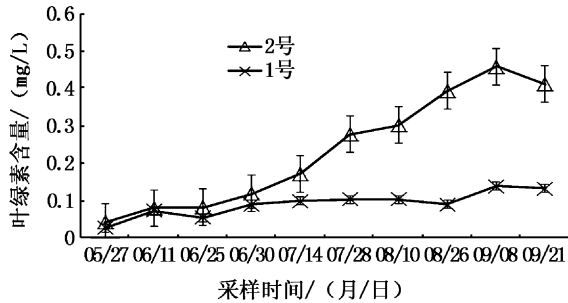


图5 2010年凡纳滨对虾养殖塘叶绿素a的变化  
Fig. 5 Changes of Chlorophyll-a in *L. vannamei* culturing ponds in 2010

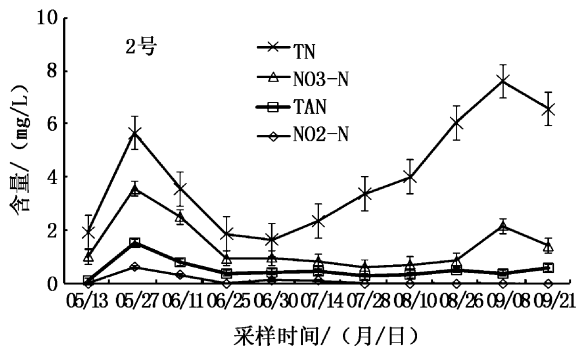
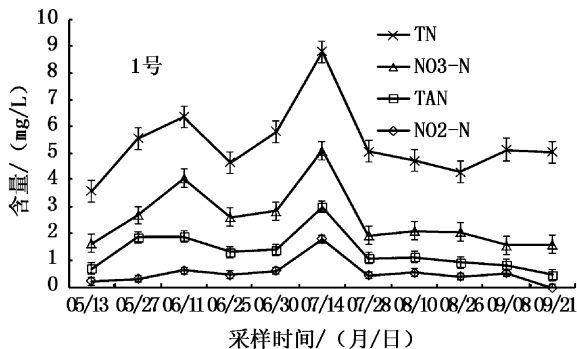


图6 2010年凡纳滨对虾养殖塘总氮、硝酸盐氮、氨态氮和亚硝酸盐氮含量的变化  
Fig. 6 Changes of total nitrogen, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen and nitrite nitrogen in *L. vannamei* culturing ponds in 2010

#### 2.1.6 总磷(TP)及活性磷( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

如图7所示,1号与2号养殖场各池塘水体总磷分别为0.205~0.479 mg/L和0.095~0.857 mg/L。《上海农产品产地环境标准》<sup>[16]</sup>要求TP含量小于5 mg/L,整个养殖周期中所有检测水样都基本满足这一要求。水体活性磷变化

范围为0.010~0.168 mg/L和0.007~0.073 mg/L。浮游植物生长需要吸收活性磷,试验期间2号养殖场浮游植物生长旺盛,叶绿素a含量总体高于1号场,且呈不断上升趋势,而相应的2号养殖场各池塘水中活性磷含量均低于1号养殖场。

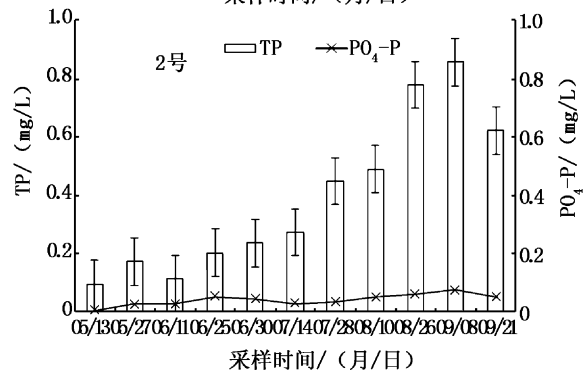
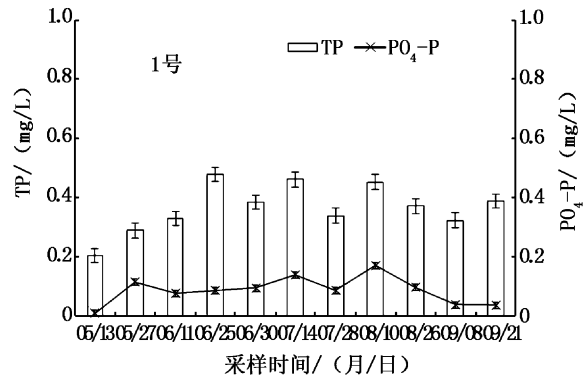


图7 2010年凡纳滨对虾养殖塘总磷及活性磷的变化  
Fig. 7 Changes of total phosphorus and reactive phosphorus in *L. vannamei* culturing ponds in 2010

在磷的各种存在形式中,能被水生生物直接吸收利用的部分称为有效磷,一般把活性磷视作有效磷<sup>[18]</sup>。因此研究活性磷在总磷的比例,可以了解水体中可被水生植物吸收的磷的含量情况。由图7亦可推断出  $\text{PO}_4\text{-P}/\text{TP}$  比值的变化,即其比值随养殖周期的推移总体呈明显下降趋势,这也是养殖生产导致水中总磷不断积累,而同时藻类生长又不断消耗活性磷的缘故。

#### 2.1.7 五日生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )

1号和2号养殖场各池塘水体  $\text{BOD}_5$  随养殖时间的延长而呈总体上升的趋势,其变化范围分别为11.9~25.2 mg/L和6.72~40.6 mg/L。《地表水环境标准》<sup>[20]</sup>(Ⅲ类)和《渔业水质标准》<sup>[19]</sup>中  $\text{BOD}_5$  限定值分别为 <4 mg/L 和 <5 mg/L,因此可见,养殖期间,  $\text{BOD}_5$  含量均高于相

关水质标准。因此研究养殖过程中如何降低有机物含量对当今的高密度对虾养殖非常重要。

### 2.2 凡纳滨对虾肌肉营养成分分析

1号养殖场对虾肌肉成分中粗蛋白含量为16.70%，粗脂肪含量为1.42%，水分及灰分含量分别为77.07%和2.81%；2号养殖场对虾肌肉中粗蛋白含量为18.30%，粗脂肪含量为1.67%，水分及灰分含量分别为74.71%和3.32%，其粗蛋白及粗脂肪含量均高于1号养殖场。

#### 2.2.1 氨基酸的组成

两个养殖场收获的凡纳滨对虾肌肉蛋白质的氨基酸组成测定结果见表2。各氨基酸含量高低基本呈现相同规律，以谷氨酸(Glu)最高(1号养殖场为14.57%，2号养殖场为14.97%)，含量较高的还有天门冬氨酸(Asp)(1号养殖场为9.97%，2号养殖场为10.32%)和精氨酸(Arg)(1号养殖场为7.95%，2号养殖场为8.03%)。

含量最低的是色氨酸(Trp)(1号养殖场为0.43%，2号养殖场为0.36%)。2号养殖场各种类氨基酸中除蛋氨酸(Met)较1号养殖场稍低外，其余均高于1号养殖场。

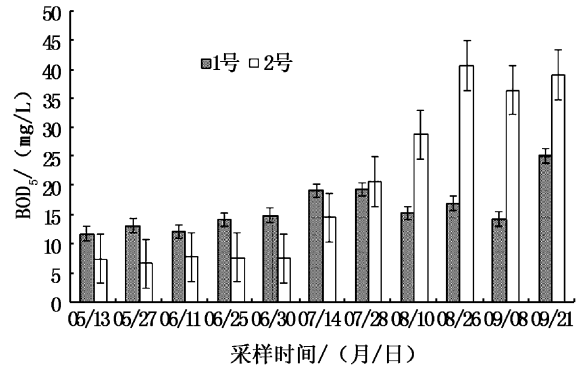


图8 2010年凡纳滨对虾养殖塘五日生化需氧量的变化  
Fig.8 Changes of BOD<sub>5</sub> in *L. vannamei* culturing ponds in 2010

表2 凡纳滨对虾肌肉的氨基酸组成及含量  
Tab.2 Amino acids in muscle of *L. vannamei*

氨基酸种类	氨基酸含量 1号养殖场	AA 占 TAA 的比例	氨基酸含量 2号养殖场	AA 占 TAA 的比例
	/(g/100g)	/%	/(g/100g)	/%
谷氨酸 Glu	3.39	14.57	4.12	14.97
天门冬氨酸 Asp	2.32	9.97	2.84	10.32
精氨酸 Arg	1.85	7.95	2.21	8.03
赖氨酸 Lys	1.94	8.34	2.50	9.08
亮氨酸 Leu	1.82	7.82	2.21	8.03
甘氨酸 Gly	1.44	6.19	1.54	5.60
丙氨酸 Ala	1.37	5.89	1.66	6.03
脯氨酸 Pro	1.17	5.03	1.36	4.94
异亮氨酸 Ile	1.10	4.73	1.27	4.61
缬氨酸 Val	1.15	4.94	1.29	4.69
苯丙氨酸 Phe	1.11	4.77	1.35	4.91
苏氨酸 Thr	0.86	3.70	1.04	3.78
丝氨酸 Ser	0.80	3.44	0.92	3.34
酪氨酸 Tyr	0.92	3.95	1.03	3.74
蛋氨酸 Met	1.01	4.34	0.98	3.56
组氨酸 His	0.57	2.45	0.69	2.51
胱氨酸 Cys	0.35	1.50	0.41	1.49
色氨酸 Trp	0.10	0.43	0.10	0.36
氨基酸总量 TAA	23.27		27.52	
必需氨基酸总量 EAA	9.09		10.74	
半必需氨基酸总量 HEAA	2.42		2.90	
非必需氨基酸总量 NEAA	11.76		13.88	
EAA/TAA/%	39.06		39.03	
EAA/NEAA/%	77.30		77.38	

注：必需氨基酸为 Lys、Trp、Met、Phe、Val、Leu、Ile、Thr；半必需氨基酸为 Arg、His；非必需氨基酸为 Gly、Ala、Ser、Asp、Glu、Pro、Cys、Tyr；鲜味氨基酸为 Asp、Glu、Ala、Gly。

从TAA上看,2号养殖场对虾为27.52%，要高于1号养殖场的23.27%。从EAA上看,前者(10.74%)也高于后者(9.09%)。一般认为,一

种蛋白质的营养价值高低,需看它是否含有全部必需氨基酸及含量多少来衡量<sup>[20]</sup>,从表2可知,所检测两个养殖场的凡纳滨对虾肌肉中所含氨

氨基酸均较全面且量也较高,特别是其中决定蛋白质营养价值的赖氨酸(Lys)含量较高,约为8.34%(1号)和9.08%(2号)。依据FAO/WHO的模式,优质蛋白质的氨基酸组成中,其EAA/TAA比值约为40%,而EAA/NEAA比值则高于60%。由表2可知,两个养殖场对虾肌肉中的氨基酸组成都满足优质蛋白的要求。

### 2.2.2 必需氨基酸的组成

1号、2号两个养殖场中凡纳滨对虾的必需氨基酸组成及评价见表3。1号养殖场虾的氨基

酸评分中除Trp为0.624即62.4分外,其余氨基酸评分均超过1(100分),最大的为(Met + Cys)评分为2.314,其次为Lys,评分为2.315,其化学评分也是除Trp外均超过1。2号养殖场中虾的各氨基酸评分大小排布规律与1号养殖场一致,但除(Met + Cys)和Trp,其他各氨基酸评分均高于1号养殖场;其化学评分的规律与1号养殖场一样。2号养殖场对虾的必需氨基酸评分也高于1号养殖场。

表3 凡纳滨对虾肌肉蛋白必需氨基酸组成的评价  
Tab.3 Evaluation of EAA composition in muscle of *L. vannamei*

必需氨基酸	FAO/WHO 评分模式	鸡蛋蛋白	1号养殖场		2号养殖场	
			SAA	SC	SAA	SC
苏氨酸 Thr	250	292	1.287**	1.102**	1.421**	1.216
缬氨酸 Val	310	411	1.388	1.047	1.421**	1.072**
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	220	386	2.314	1.319	2.158	1.230
异亮氨酸 Ile	250	311	1.647	1.324	1.735	1.395
亮氨酸 Leu	440	534	1.548	1.276	1.715	1.413
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	380	565	1.999	1.345	2.139	1.439
赖氨酸 Lys	340	441	2.135	1.646	2.511	1.936
色氨酸 Trp	60	99	0.624*	0.378*	0.569*	0.345*
必需氨基酸指数 I <sub>EAA</sub>			110.05		114.90	

注: \* 为第一限制性氨基酸; \*\* 为第二限制性氨基酸。

### 2.2.3 鲜味氨基酸

鲜味氨基酸包括2种呈鲜味的特性氨基酸,即Asp和Glu,以及2种呈甘味的特性氨基酸甘氨酸(Gly)和丙氨酸(Ala)。由表4可见,1号养殖场对虾的鲜味氨基酸含量高低顺序为Glu > Asp > Gly > Ala,而2号养殖场的则为Glu > Asp > Ala > Gly。从鲜味氨基酸的总量来看,1号养殖场为8.52 g/100 g,要低于2号养殖场的10.16 g/100 g。

表4 凡纳滨对虾肌肉鲜味氨基酸的组成  
Tab.4 Composition of freshness amino acids  
in muscle of *L. vannamei* g/100g

鲜味氨基酸	1号养殖场	2号养殖场
天门冬氨酸 Asp	2.32	2.84
谷氨酸 Glu	3.39	4.12
丙氨酸 Ala	1.37	1.66
甘氨酸 Gly	1.44	1.54
鲜味氨基酸总量	8.52	10.16

## 3 讨论

养殖环境中水质直接影响对虾的生长发育,

从而关系到产量的高低。在良好的水质条件下,对虾摄食旺盛,成活率高,发病率低,饵料系数低,生长快,养殖效益高;不良的水质致使对虾摄食量下降,抑制对虾正常生长发育,并助长细菌等病原体增殖和有毒物质的积累,降低对虾抗病力,引发虾体发病,甚至造成对虾大量死亡。

从本文所监测的两个养殖场水质指标数据来看,水温表现为随周围环境气温变化而变化,随着养殖过程(初夏季到秋季)气温的升高而升高,与其他人为调控措施没有直接关系。养殖初期,由于池塘刚进行注水等操作,水体透明度较小,之后由于沉淀作用的存在使透明度有所增大,而随着养殖时间的进一步推移,透明度又逐渐降低。透明度总体变化趋势是随养殖时间的延长而下降。水体中的悬浮物主要由浮游生物、细菌以及有机物和无机颗粒组成,其含量随养殖时间的延长而增大,而换水将显著降低水体中悬浮物的含量。pH是养殖水域环境中的一个重要指标,pH过高或者过低均会对养殖有一定的影响。当pH < 7.5时,对虾蜕皮将受到影响,引起虾体甲壳软化<sup>[18]</sup>,但pH过高,又会使非离子氨

含量增加。有研究表明,养殖过程中 pH 会呈逐渐下降趋势,本试验中,1 号养殖场基本呈现这样的规律,但 2 号养殖场 pH 变化幅度不大,且保持在较高水平。两个养殖场的 pH 在整个养殖过程中均高于 7.5,池塘水体呈微碱性,这可能和土壤性质有关。上海地区土壤多为中偏碱性,其中强碱性土壤( $\text{pH} > 8.5$ )分布在东部沿海新垦区,面积约占 0.93%,主要集中在崇明、浦东、南汇、奉贤、金山等区县的滨海地区。

$\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$  和 TAN 是水中溶解态氮的主要形式,不同形态氮在生物及非生物因素的共同作用下不断迁移、转化,构成一个复杂的动态循环<sup>[21]</sup>。在温度、盐度、pH 等的不同条件下,不同发育期的凡纳滨对虾对非离子氨、亚硝氮的安全浓度存在差异。国内外学者对此做了较为深入的研究。孙国铭等<sup>[22]</sup>研究认为,在盐度 20、水温 27 °C、 $\text{pH} = 8.15$  的条件下,体长 5 cm 左右的凡纳滨对虾, TAN、UIA、 $\text{NO}_2\text{-N}$  的安全浓度分别为 2.667、0.021 和 5.551 mg/L。姚庆祯等<sup>[23]</sup>研究认为,在比重 1.021、 $\text{pH} = 8.32$ 、水温 29 °C 的条件下,UIA 对凡纳滨对虾蚤状幼体( $Z_1$ )和糠虾幼体( $M_2$ )的安全浓度分别 0.078 和 0.077 mg/L,  $\text{NO}_2\text{-N}$  对凡纳滨对虾  $Z_1$  和  $M_2$  的安全浓度分别 0.56 和 0.77 mg/L。在比重 1.010、 $\text{pH} = 8.36$ 、水温 26 °C 的条件下,凡纳滨对虾仔虾( $P_6$ )对 UIA 和  $\text{NO}_2\text{-N}$  的安全浓度 0.048 和 2.57 mg/L。彭自然等<sup>[24]</sup>研究认为,在比重 1.006 5、 $\text{pH} = 8.23$ 、水温( $28.3 \pm 2.6$ ) °C 的条件下,凡纳滨对虾平均体长、体重分别为( $9.92 \pm 1.03$ ) mm、10.66 mg 的幼虾, TAN、UIA、 $\text{NO}_2\text{-N}$  的安全浓度分别为 0.787、0.054 和 1.9 mg/L。同时,该研究认为,较高浓度硝酸盐( $> 150$  mg/L)将对南美白对虾的生长不利,高浓度硝酸盐( $> 600$  mg/L)即能引起死亡。综上,在相近的条件下,UIA 和 TAN 的安全浓度远比  $\text{NO}_2\text{-N}$  低,其毒性大于  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,同时凡纳滨对虾耐毒能力随生长发育而逐渐增加。本试验中, $\text{NO}_2\text{-N}$  的含量低于安全浓度,对于凡纳滨对虾是安全的,上述研究中凡纳滨对虾 TAN 安全浓度主要针对仔虾和幼虾,而成虾对 TAN 耐受浓度也相应提高。本实验中,尽管养殖后期各塘 TAN 浓度总体较高,但各塘均未出现对虾大批量死亡的现象。因此,个体较大的成虾其对氨氮的耐受力会增强,但即便如此,养殖阶段降低氨

氮含量仍十分必要。国际经合组织(OECD)对理化因子和叶绿素 a 动态变化的相互关系进行了大量研究,认为磷为水体富营养化发生唯一主导因子的占 80%,氮为主导因子的占 11%,其余 9% 的水体为氮和磷共同起作用<sup>[25]</sup>;许多学者认为氮磷的比值与藻类的生长有更直接的关系,藻类正常代谢所需的 N/P 为 11,当 N/P 大于 11 时,P 是可能的限制性营养盐;当 N/P 小于 11 时,则 N 可能是限制性营养盐<sup>[26]</sup>。在本研究期间养殖池塘中,有效氮(三态氮之和)/有效磷为 46.51,因此磷是凡纳滨对虾养殖池塘中藻类生长潜在的限制因子之一。

根据养殖塘的具体情况及时换水是改善水质的方法之一,但若养殖水未经处理即随意排放,就存在对接受水体造成污染的风险。在凡纳滨对虾养殖过程中,其养殖水环境的水质管理及养殖废水的排放均应遵循相关标准,例如《无公害食品淡水养殖用水水质》<sup>[27]</sup>、《渔业水质标准》<sup>[19]</sup>、《无公害水产品产地环境标准》<sup>[28]</sup> 以及《淡(海)水池塘养殖水排放要求》<sup>[29-30]</sup> 等。

岑剑伟等<sup>[31]</sup>研究了不同养殖模式下的凡纳滨对虾品质,得出无公害海水养殖虾无论在氨基酸总量、必需氨基酸总量或鲜味氨基酸上均优于淡水养殖虾;文国樑等<sup>[32]</sup>也研究发现,同种规格的凡纳滨对虾在用海水进行养殖时其氨基酸的各项指标也优于淡水养殖;但程开敏等<sup>[33]</sup>的研究得出海水与淡水养殖的对虾在氨基酸总量和鲜味氨基酸总量上并无显著差异,认为造成对虾风味差别的除了氨基酸的种类和含量外,还可能与其他因素有关;潘英等<sup>[34]</sup>的研究也认为淡水和海水养殖的对虾营养价值相当,但是海水养殖中对虾的鲜味氨基酸含量却高于淡水养殖虾,因此海水虾肌肉比淡水虾更为鲜美。本研究发现,两个养殖场中的虾无论是从氨基酸评分还是化学评分来看均具有较高的营养价值;添加海水晶的 2 号养殖场水体中养成的虾,无论是主要营养物质(粗蛋白、粗脂肪),还是氨基酸组成,尤其是必需氨基酸和鲜味氨基酸的组成方面均优于 1 号养殖场成虾,各项氨基酸评价指标也高于 1 号养殖场,这与岑剑伟等、文国樑等的研究结论较为一致。海水晶主要成分与天然海水相近,但在配制过程中额外添加了 Mg、K、Ca、Zn、Se、Mo 等元素,这可能是造成两个养殖场中对虾氨基酸含量



存在差异的原因之一,但其机理尚需进一步研究。就本试验而言,往淡水中添加适量海水晶有助于对虾品质的提升。

### 参考文献:

- [1] 余云军,于会国. 世界对虾养殖业的发展现状与发展趋势[J]. 世界农业, 2007, 337(5): 44-47.
- [2] 王士稳,梁萌青,林洪,等. 海水和淡水凡纳滨对虾呈味物质的比较分析[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(5): 79-84.
- [3] 国家环境保护总局. HJ/T91—2002 地表水和污水监测技术规范[S]. 北京:中国环境科学出版社, 2003.
- [4] 国家环境保护总局. GB3838—2002 地表水环境质量标准[S]. 北京:中国环境科学出版社, 2003.
- [5] 刘永定. 中国藻类学研究[M]. 武汉:武汉出版社, 2001: 245.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.4—2010 食品中灰分的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2010.
- [7] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 6433—2006 饲料粗脂肪测定方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2006.
- [8] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 6432—1994 饲料中粗蛋白测定方法[S]. 北京:中国标准出版社, 1994.
- [9] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3—2010 食品中水分的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2010.
- [10] PETER I, Pellett. Nutritional evaluation of protein foods [M]. Japan: The United National University Press, 1980: 49-52.
- [11] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表(全国代表值)[M]. 北京:人民卫生出版社, 1991: 28-37.
- [12] 徐大为,邢克智,张树森,等. 点带石斑鱼的肌肉营养成分分析[J]. 水利渔业, 2008, 28(3): 54-56.
- [13] 马建新,刘海英. 对虾病毒病与化学需氧量相关关系研究[J]. 海洋科学, 2002, 26(3): 68-71.
- [14] 刘海英. 对虾工厂化养殖水质特征及高溶解氧对养殖的影响[D]. 青岛:中国海洋大学, 2006: 8-11.
- [15] 孙舰军. 虾池生态系统中诸因子对虾体的影响[J]. 海洋科学, 1997, 21(2): 24-25.
- [16] 上海市质量技术监督局. DB31/T 252—2000 安全卫生优质农产品(或原料)产地环境标准[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.
- [17] 王吉桥. 南美白对虾健康养殖技术 1. 南美白对虾的生物学[J]. 水产科学, 2002, 22(2): 49-51.
- [18] 雷衍之. 养殖水环境化学[M]. 北京:中国农业出版社, 2006: 116-124.
- [19] 国家环境保护局. GB 11607—1989 渔业水质标准[S]. 北京:中国标准出版社, 1990.
- [20] 刘纯洁,张娟婷. 食品添加剂手册[M]. 北京:中国展望出版社, 1988: 157-160.
- [21] 马建波,蓝宗坚. 大宗淡水鱼夏季混养池塘水质理化因子的昼夜变化[J]. 河北渔业, 2011(3): 15-19.
- [22] 孙国铭,汤建华,仲霞铭. 氨氮和亚硝酸氮对南美白对虾的毒性研究[J]. 水产养殖, 2002(1): 22-24.
- [23] 姚庆祯,臧维玲,戴习林,等. 亚硝酸盐和氨对凡纳对虾和日本对虾幼体的毒性作用[J]. 上海水产大学学报, 2002, 11(1): 21-26.
- [24] 彭自然,臧维玲,高杨,等. 氨和亚硝酸盐对凡纳滨对虾幼虾的毒性影响[J]. 上海水产大学学报, 2004, 13(3): 274-278.
- [25] 世界经济合作与发展组织. 水体富营养化监测评价与防治[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1989: 78-82.
- [26] VOLLENWEIDER R A. Primary production in aquatic environments [M]. 2nd ed. London: Blackwell scientific Publications, Oxford IBP Handbok, 1974: 12.
- [27] 中华人民共和国农业部. NY 5051—2001 无公害食品淡水养殖用水水质[S]. 北京:中国农业出版社, 2001.
- [28] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 18407.4—2001 无公害水产品产地环境标准[S]. 北京:中国标准出版社, 2001.
- [29] 中华人民共和国农业部. SC/T9101—2007 淡水池塘养殖水排放要求[S]. 北京:中国农业出版社, 2007.
- [30] 中华人民共和国农业部. SC/T 9103—2007 海水池塘养殖水排放要求[S]. 北京:中国农业出版社, 2007.
- [31] 岑剑伟,王剑河,李来好,等. 不同养殖模式的凡纳滨对虾品质的比较[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 39-44.
- [32] 文国樑,李卓佳,林黑着,等. 规格与盐度对凡纳滨对虾肌肉营养成分的影响[J]. 南方水产, 2007, 3(3): 31-34.
- [33] 程开敏,胡超群,刘艳妮,等. 海水和淡化养殖凡纳滨对虾的组织成分比较研究[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(3): 34-39.
- [34] 潘英,王如才,罗永巨,等. 海水和淡水养殖南美白对虾肌肉营养成分的分析比较[J]. 青岛海洋大学学报, 2001, 31(6): 828-834.

## Comparative analysis of water quality in *Litopenaeus vannamei* ponds and nutritional quality of shrimp muscle

LI Shi-kai<sup>1</sup>, JIANG Min<sup>1</sup>, DAI Xi-lin<sup>1</sup>, LIU Li-ping<sup>1</sup>, HU Wei-guo<sup>2</sup>, JAMES S. DIANA<sup>3</sup>

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Fengxian Fisheries Technology Extension Station, Shanghai 201400, China; 3. School of Natural Resources and Environment, University of Michigan, MI 48109, USA)

**Abstract:** From May to September in 2010, water quality parameters such as water temperature, total dissolved salt, dissolved oxygen, pH, transparency, nitrite nitrogen, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen, reactive phosphorus, total phosphorus, chlorophyll-a and biochemical oxygen demand were analyzed in 22 *Litopenaeus vannamei* ponds with different culturing methods in Fengxian District, Shanghai. Water used for Farm No. 1 was natural fresh water which had been precipitated before being introduced to the ponds. Mixed salt were added to the fresh water for culturing shrimp in Farm No. 2. Results were as follows: water temperature, dissolved oxygen and pH didn't change dramatically and could match the demand of *Litopenaeus vannamei*. The proportion of nitrate nitrogen in ponds to TIN was the highest, the ratio of ammonia nitrogen to TIN increased with time extension, and that of nitrite nitrogen to TIN increased obviously in the later period of culture cycle. Contents of reactive phosphorus decreased gradually while the total phosphorus increased in the whole process of culture. Biochemical oxygen demand and chlorophyll-a also increased gradually with the shrimp growing up. Muscle nutritional quality of *Litopenaeus vannamei* from the two farms were analyzed and the results were as follows: contents of crude protein and crude fat of shrimp muscle in Farm No. 1 were 16.30% and 1.42% respectively, lower than those in shrimp muscle from Farm No. 2 which were 18.30% and 1.61%. Content of total amino acids in shrimp from Farm No. 1 was 23.27%, and the essential amino-acid was 9.09%. While those in shrimp from Farm No. 2 were 27.52% and 10.74%. Contents of flavor amino acids in shrimp from Farms No. 1 and 2 were 8.52% and 10.16% respectively.

**Key words:** *Litopenaeus vannamei*; water quality; nutritional quality; amino acids