

## 国内外 4 种微颗粒饲料的水中稳定性及其对部分水质指标的影响

柳旭东<sup>1,2</sup> 梁萌青<sup>2\*</sup> 张利民<sup>3</sup> 王际英<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>山东升索渔用饲料研究中心,烟台 265500)

(<sup>2</sup>中国水产科学研究院黄海水产研究所,青岛 266071)

(<sup>3</sup>山东省海洋水产研究所,264006)

**摘要** 在相同的试验条件下,对比国内外 4 种商品微颗粒饲料的物理性状、浸泡过程中营养物质的溶失、浸泡液中有机氮及有机磷含量的差异,探讨了目前国内外微颗粒饲料的水中稳定性及其对部分水质指标的影响。结果表明,除微颗粒饲料 D4 的沉降速度较快外,其他 3 种相当;前 5 min 溶失的物质是各种微颗粒饲料总失重量的大部分;国内外微颗粒饲料中的重要营养成分如:粗蛋白和粗脂肪含量有较大差异;浸泡 30 min 时,各种微颗粒饲料中粗蛋白和粗脂肪含量前后波动幅度小;浸泡 30 min 时,微颗粒饲料 D1 浸泡液中溶解有机磷含量是最低的,而溶解有机氮含量是最高的。可以看出,目前国内外商品微颗粒饲料的水中稳定性差异较大,这与各种微颗粒饲料的营养配方及加工工艺密切相关。

**关键词** 微颗粒饲料 水中稳定性 水质

**中图分类号** S963.72 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)02-0089-05

## Four kinds of foreign and domestic micro-diets' stability in water and their effects on water quality

LIU Xu-dong<sup>1,2</sup> LIANG Meng-qing<sup>2\*</sup> ZHANG Li-min<sup>3</sup> WANG Ji-ying<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Shengsuo Fishery Culture Feed Research Centre of Shandong Province, Yantai 265500)

(<sup>2</sup>Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>3</sup>Marine Fisheries Research Institute of Shandong Province, Yantai 264006)

**ABSTRACT** Four kinds of foreign and domestic micro-diets were tested for stability in water and their effects on some parameters of water quality under the same experimental conditions. It was found that, three micro-diets soaked in water settled slowly, while D4 settled more quickly. Most of the total weight loss of the four micro-diets were lost during the first 5min after they were put into water. The contents of protein and fat in the four micro-diets varied significantly and fluctuated insignificantly between in 0min and in 30min after being soaked in water. After 30min, the soaking water from D1 contained the highest concentration of dissolved organic nitrogen (DON) and the lowest concentration of dissolved organic phosphorus (DOP) among four micro-diets. It was demonstrated that the four kinds of foreign and domestic micro-diets varied significantly in terms of stability in water, which had close relationship with their nutri-

公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-046)和中国水产科学研究院黄海水产研究所基本科研业务费专项资金资助项目共同资助

\* 通讯作者。E-mail: liangmq@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85822914

收稿日期:2008-01-03;接受日期:2008-02-20

作者简介:柳旭东(1981-),男,硕士,主要从事水产动物营养与饲料研究。E-mail: liuxudong7118@126.com, Tel: (0535)6958167-8717

tional formula and processing techniques.

**KEY WORDS** Micro-diet Stability in water Water quality

水产饲料水中稳定性,指水产颗粒饲料在水中浸泡一定时间后,保持组成成分不被溶解和不散失的性能,是衡量水产饲料质量非常重要的指标(李兆新等 2000)。配合饲料随着水产养殖业的蓬勃发展得到了广泛应用,但水环境污染加剧、饲料效率偏低等许多问题也随即出现,困扰着养殖业的发展。水中稳定性差的饲料入水后,更易溶散、溶失,使水质富营养化,细菌滋生,从而引起鱼虾疾病及生长障碍,有害于养殖生产。同时,由于各营养成分的流失,也降低了饲料营养价值与鱼虾品质(陈四清等 1995)。另有学者提出饲料的质量指标首要的是对水环境的影响最小而不是增重最快(冯海清 1996)。可见,水产饲料水中稳定性的意义重大。

目前关于颗粒饲料水中稳定性的报道,往往仅从单个方面去评价。水产饲料水中稳定性是一个综合指标,李兆新等(2000)建议采用多项参数表达,如感官法、光度法、干燥称量法和水质 COD 值法等,或者将几种指标加权后合为一个指标,能更全面、更准确地表达水产饲料的水中稳定性。本研究从微颗粒饲料的沉降速度、物理形状、浸泡失重率、粗蛋白及粗脂肪溶失率、饲料浸泡液中有有机氮及有机磷含量等角度,对比国内外 4 种商品微颗粒饲料水中稳定性及其对部分水质指标影响的差异,为研制高质量、水中稳定性强的微颗粒饲料提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与浸泡条件

选取国内外 4 种商品微颗粒饲料(编号 D1、D2、D3 和 D4, D2 号为进口料)为试验对象进行分析。

浸泡条件参照陈四清等(1995)及郭沛涌等(2001)方法,略作修改。将 5 g 微颗粒饲料置于自制圆筒形 80 目筛网后,浸于 400 ml 蒸馏水中,在 HZS-H 水浴振荡器 70 r/min、25 °C 条件下搅动和崩解。浸泡液水样指标测定均采用 1 g 饲料浸于 400 ml 蒸馏水中的方法。

### 1.2 形状观察

每种微颗粒饲料取 30 粒,挑选有代表性的在 Nikon 显微镜下拍照。

### 1.3 沉降速度

每种微颗粒饲料取 20 粒,单粒撒于装满蒸馏水的 2 000 ml 烧杯水面上,秒表计时每粒的沉降时间,测定微颗粒饲料的沉降速度,单位为 mm/s。

### 1.4 浸泡失重率

测定浸泡 5、15 和 30 min 后微颗粒饲料的失重率。计算公式:

$$\text{失重}(\%) = \frac{G(1-X) - W}{G(1-X)} \times 100\%$$

式中,  $G$  为试样料质量(g);  $W$  为干燥后残余料的质量(g);  $X$  为试样料水分含量(%)。

其中,水分含量测定采用中华人民共和国国标 GB 6435-86 方法;试样在常压、 $105 \pm 2$  °C 烘箱内烘干,直至恒重,遗失的重量为水分。

### 1.5 分析方法

#### 1.5.1 粗蛋白含量测定

测定微颗粒饲料浸泡前与浸泡 30 min 后的粗蛋白含量。

粗蛋白含量测定采用中华人民共和国国家标准 GB/T 6432-94:凯氏定氮法,利用 FOSS2300 型全自动定氮仪进行测定。

#### 1.5.2 粗脂肪含量测定

测定微颗粒饲料浸泡前与浸泡 30 min 后的粗脂肪含量。

粗脂肪含量测定采用中华人民共和国国家标准 GB/T 6433-94:索氏抽提法。

计算公式:

$$\text{粗脂肪含量}(\%) = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100$$

式中,  $M$  为风干试样重量(g);  $M_1$  为已恒重的抽提瓶重量(g);  $M_2$  为已恒重的盛有脂肪的抽提瓶重量(g)。

### 1.5.3 浸泡液溶解有机氮(DON)含量测定

测定微颗粒饲料浸泡 30min 后浸泡液中溶解有机氮含量。

溶解有机氮为溶解总氮与溶解无机氮之差。

#### 1.5.3.1 溶解总氮(DTN)含量测定

在水样采集后立即放入冰箱中或低于 4℃ 的条件下保存,但不得超过 24 h;样品贮存在玻璃瓶中。将试样经 0.45 μm 滤膜抽滤,取抽滤液用 20g/L 氢氧化钠溶液或硫酸溶液(1+35)调节 pH 至 5~9 从而制得试样。采用中华人民共和国国家标准 GB 11894-89:碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定。

#### 1.5.3.2 溶解无机氮(DIN)含量测定

溶解无机氮(DIN)为  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NO}_2\text{-N}$  之和。 $\text{NO}_3\text{-N}$  采用 Zn-Cd 还原法、 $\text{NH}_4\text{-N}$  采用次溴酸盐氧化法,均转变成  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,含量测定步骤同  $\text{NO}_2\text{-N}$ 。 $\text{NO}_2\text{-N}$  含量测定方法采用中华人民共和国国家标准 GB 17378.4-1998:海洋监测规范(第 4 部分:海水分析),萘乙二胺分光光度法。

### 1.5.4 浸泡液溶解有机磷(DOP)含量测定

测定微颗粒饲料浸泡 30 min 后浸泡液中溶解有机磷含量。

溶解有机磷为溶解总磷与溶解无机磷之差。溶解总磷采用中华人民共和国国家标准 GB 11893-89:钼钍钼蓝分光光度法测定。溶解无机磷测定方法采用中华人民共和国国家标准 GB 17378.4-1998:海洋监测规范(第 4 部分:海水分析)——磷钼蓝分光光度法。

## 1.6 数据分析

试验数据采用 SPSS 11.5 软件进行单因子方差分析(ANOVA),多重比较采用 Duncan's 检验方法,以  $P < 0.05$  为显著水平。

## 2 结果

### 2.1 各种饲料的物化性能

试验饲料的沉降速度见表 1。D1、D2 与 D3 的沉降速度比较接近,范围为(4.66~4.75)mm/s,差异不显著( $P > 0.05$ );而 D4 则明显快于其他组,约为其他组的 2.5 倍,差异显著( $P < 0.05$ )。

将饲料撒于水面,D1 和 D2 会自动分散于水面,而 D3 和 D4 易聚集、结团。各种饲料沉降过程轨迹螺旋幅度大小为:D2>D1>D4>D3。

在显微镜下观察各种微颗粒饲料的形态如图 1 所示。D1 和 D4 的形状基本规则,D3 次之,D2 最差。

### 2.2 浸泡失重率的变化

从图 2 可以看出,饲料一进入水中会迅速失去部分营养成分。5 min 时,各种饲料的失重率大小为 D1(40.7%)> D2(31.9%)> D3(30.8%)> D4(19.9%)。而后溶失速度陡然减缓,如 5~15 min、15~30 min 时间段各种饲料的失重率都保持在 2% 以下。

表 1 4 种微颗粒饲料入水后的物化性能

Table 1 The different performances of four micro-diets soaked in water

饲料组别 Diet	沉降速度 Settling speed(mm/s)	沉降现象 Settle phenomenon
D1	4.66±0.39 <sup>a</sup>	自动分散于水面 小幅度螺旋沉降
D2	4.69±0.21 <sup>a</sup>	自动分散于水面 大幅度螺旋沉降
D3	4.75±0.31 <sup>a</sup>	易聚集、结团 几乎直线沉降
D4	11.24±1.81 <sup>b</sup>	易聚集、结团 微螺旋沉降

注:表中同列不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

### 2.3 粗蛋白、粗脂肪含量的变化

各种饲料浸泡过程中粗蛋白含量的变化情况如图3。浸泡前,D1、D2、D3与D4的粗蛋白含量分别为:59.7%、61.2%、64.5%和48.7%,浸泡30 min后,各种饲料中的粗蛋白含量均有所上升,上升幅度在3%以内,并以粗蛋白含量最低的D4波动幅度最小。

各种饲料浸泡过程中粗脂肪含量的变化情况如图4。浸泡前,D1、D2、D3与D4的粗脂肪含量分别为:11.7%、13.5%、6.7%和5.6%,浸泡30 min后,D2、D3的粗脂肪含量有所上升,上升幅度在1%以内,D1、D4的粗脂肪含量有所下降,下降幅度也在1%范围内。

### 2.4 浸泡液溶解有机氮、溶解有机磷含量

各种饲料浸泡液中溶解有机氮 DON、溶解有机磷 DOP 含量如图5所示。

浸泡30min,D1、D2、D3和D4的浸泡液中溶解有机氮 DON 含量分别为83.6、64.6、65.1和31.1 mg/L,而相应组溶解有机磷 DOP 含量分别为8.1、12.1、11.3和13.5 mg/L。

浸泡液 DON 含量以D1的最高,D4的最低,与D2、D3的差异均显著( $P < 0.05$ ),而D2与D3间的差异不显著( $P > 0.05$ );D1浸泡液 DON 含量约为D4的2.5倍,D2、D3浸泡液 DON 含量约为D4的两倍。各种饲料浸泡液中无机氮主要以 $\text{NO}_3\text{-N}$ 形式存在。

浸泡液 DOP 含量以D1最低,与D2、D3和D4差异均显著( $P < 0.05$ ),而D2、D3和D4号间差异不显著( $P > 0.05$ );D2、D3和D4浸泡液 DOP 含量均为D1的1.5倍左右。

## 3 讨论

微颗粒饲料的悬浮性很重要,沉降速度过快或漂浮于水体表面的微颗粒饲料均不利于水产动物的摄食,会造成资源浪费,导致水质破坏(Clack 2006)。4种微颗粒饲料中,D1与D4形状基本规则,但是D4的沉降速度明显快于D1,这可能与其饲料组成、颗粒形状密切相关;D2在水中的沉降过程出现大幅度螺旋下降现象,分析是由于其形状极不规则,致使沉降过程中受力不均匀而产生螺旋。D1和D2撒于水面后自动分散,具有较好的分散性,而D3和D4在较小的人为作用力下也能分散而沉降。显微镜下观察,各种饲料的边缘都较透明,但透明度不同,表明颗粒饲料表面的凹凸不平,这与加工工艺有很大关系。

失重率是饲料浸泡水中营养成分损失的一个总的表现(陈四清等 1995)。饲料成分在水中的溶失有正负两方面的影响,一方面溶出的诱食物质能增强水产动物的摄食进而影响生长和存活(Kolkovski *et al.* 2000),另一方面溶失的物质大部分是非诱食性的营养物质(Baskerville-Bridges *et al.* 2000),饲料溶失现象的负影响占主导(Kvale *et al.* 2006)。饲料入水浸泡5 min时,失重率达到19.9%~40.7%,3号饲料最优,D2与D3相当,D1最差;而后失重率甚小,表明前5 min溶失的物质是饲料总失重量的大部分。总体来看,各种饲料的失重率总体较高,可能与本试验浸泡条件下的搅动速度及筛网的筛孔大小有很大关系。

饲料中的粗蛋白含量范围为48.7%~64.5%(如图3),差异极大。浸泡30 min后,各种饲料中粗蛋白含量均上升。这是因为粗蛋白含量仅仅是一个百分比,蛋白质属于有机大分子化合物,难溶于水,只有微量水溶性蛋白质可溶于水,其分子量较大,相对于其他可溶性物质来说,溶出速度很慢,因此在百分含量中就会显高,其实绝对含量却在下降(陈四清等 1995)。饲料中的粗脂肪含量范围为5.6%~11.7%(如图4),差异较大。浸泡30 min后,D1和D4的粗脂肪含量呈下降趋势,而D2和D3则呈上升趋势,波动幅度均不大,表明饲料中

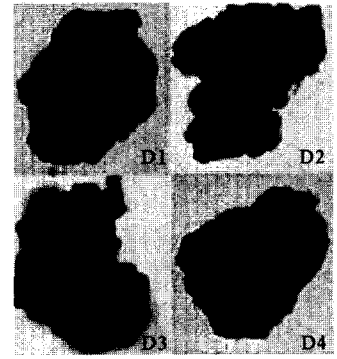


图1 显微镜下4种微颗粒饲料(60~80目)的形态

Fig.1 The light microscope observation of four micro-diets(60~80 mesh)

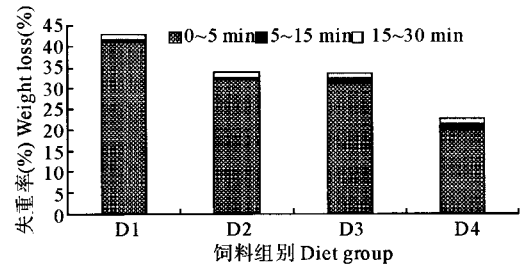


图2 4种微颗粒饲料不同浸泡时间的失重率(%)

Fig.2 The weight loss of four micro-diets soaked in water at different time periods (%)

的脂肪质量有一定的差异。

饲料中氮、磷的含量是饲料的基本营养学指标。磷在水中含量少且不易吸收,因此对鱼、虾而言,磷几乎全部要由饲料中摄取。磷的缺乏会引起多种病变,如鲤鱼的磷缺乏会引起生长差,骨骼发育异常,头部畸形,脊椎骨弯曲,肋骨矿化异常,饲料转化率差等一系列问题(李爱杰 1996)。另外,饲料中氮、磷的溶失,不仅造成了浪费,而且给环境造成了污染,含有机氮、有机磷过多的水体浮游生物易大量繁殖,导致水中氧容量(SOD)降低并产生多种毒素,严重者产生赤潮,从而危害生态环境(Baeverfjord *et al.* 1998; Burford *et al.* 1999; Moriarty 1997; 周庆安等 2002; 袁东等 2002)。

人工配合饵料是鱼虾养殖水环境中有机物污染的主要来源(冯海清 1996)。浸泡液中有机氮 DON 含量与饲料失重率呈正相关性(图 2 和图 5),分析原因是微颗粒饲料中粗蛋白含量较大,而浸泡 30min 后粗蛋白含量波动较小(图 3),表明溶失的部分主要是含氮化合物。从浸泡液中 DON 含量指标看,D1 最差,D2 和 D3 次之,D4 最优。从浸泡液中有机磷 DOP 含量指标看,D2、D3 和 D4 相当,D1 优于其他 3 种。

## 参 考 文 献

- 冯海清. 1996. 水产养殖业的灾变呼唤鱼虾营养生态学. 中国饲料, 13: 18~20
- 李兆新, 王唯芬. 2000. 对虾配合饲料水中稳定性的影响因素及测定方法. 海洋水产研究, 21(3): 49~53
- 李爱杰. 1996. 水产动物营养与饲料学. 北京: 中国农业出版社
- 陈四清, 李晓川, 李兆新, 翟毓秀. 1995. 中国对虾配合饲料入水后营养成分的流失及其对环境的影响. 中国水产研究, 2(4): 40~47
- 周庆安, 王林农, 姚军虎. 2002. 饲料养分的环境污染及其对策. 河南职业技术学院学报, 2: 36~40
- 袁东, 封雪松, 付大友, 袁基刚. 2002. 饲料中总磷、无机磷和有机磷的含量测定. 四川轻化工学院学报, 15(4): 42~46
- 郭沛涌, 王运涛. 2001. 应用新蛋白源的对虾配合饲料水中稳定性的研究. 西南农业大学学报, 23(4): 322~324
- Baeverfjord, G., Aasgaard, T., and Shearer, K. D. 1998. Development and detection of phosphorus deficiency in Atlantic salmon *Salmo salar* L. parr and post-smolts. *Aquaculture Nutrition*, 4: 1~11
- Baskerville-Bridges, B., and Kling, L. J. 2000. Development of microparticulate diets for early weaning of Atlantic cod *Gadus morhua* larvae. *Aquaculture Nutrition*, 6: 171~182
- Burford, M. A., and Glibert, P. M. 1999. Short-term N uptake and regeneration in early and late growth phase shrimp ponds. *Aquaculture Research*, 30: 215~227
- Clack, B. W. 2006. Development of micro-particulate feeds and methods to improve acceptability of artificial diets by blue spotted goby larvae (*Asterropteryx semipunctata* L.). Thesis of Oregon State University
- Kolkovski, S., Czesny, S., and Dabrowski, K. 2000. Use of krill hydrolysate as a feed attractant for fish larvae and juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31: 81~88
- Kvale, A., Yufera, M., Nygard, E., Aursland, K., Harboe, T., and Hamre, K. 2006. Leaching properties and preference in cod (*Gadus morhua* L.) of three different micro-particulate diets for marine fish larvae. *Aquaculture*, 251: 402~415
- Moriarty, D. J. W. 1997. The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture*, 151: 333~349

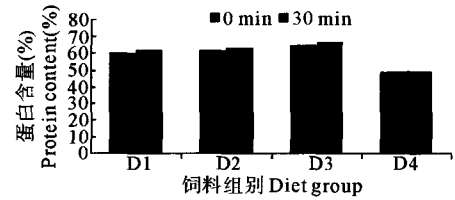


图 3 4 种微颗粒饲料浸泡过程粗蛋白含量变化情况(%)

Fig. 3 The variations of crude protein contents of four micro-diets soaked in water (%)

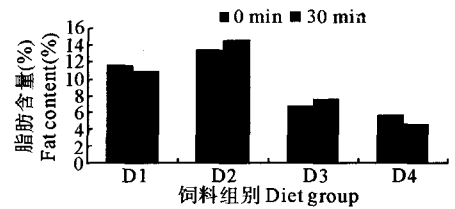


图 4 4 种微颗粒饲料浸泡过程粗脂肪含量变化情况(%)

Fig. 4 The variations of crude fat contents of four micro-diets soaked in water (%)

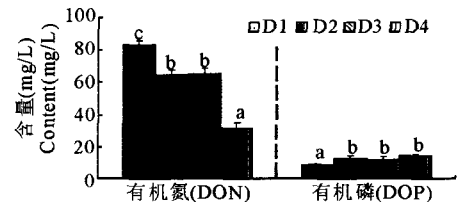


图 5 4 种微颗粒饲料浸泡液中有机氮 DON、有机磷 DOP 含量(mg/L)

Fig. 5 The contents of DON and DOP of soaking water from four micro-diets (mg/L)