

中国对虾配合饲料入水后营养成分的流失 及其对水环境的影响*

陈四清 李晓川 李兆新 翟毓秀

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘 要 对中国对虾配合饲料浸于水中营养成分的流失及其对水环境的影响作了分析, 发现目前生产使用的配合饲料水中稳定性较差。实验结果表明: 1. 配合饲料入水后会失去部分重量, 5分钟即达12.4~13.2%, 120分钟可达17.0~23.9%。2. 配合饲料在浸泡过程中, 各营养成分的溶失速度不一, 水易溶性物质溶失迅速且彻底, 造成溶失比例不一致, 破坏了配合饲料原有的营养平衡体系, 降低了其营养价值。3. 配合饲料投入水中会引起养殖水域营养化, 现用配合饲料平均每天能使水域增加0.056mg/L的化学耗氧量, 污染水质。提出水溶性营养物质微粒包膜后再制粒的建议, 作为改进配合饲料质量的一个方法。

关键词 中国对虾, 配合饲料, 营养成分, 溶失, 水域环境, 化学耗氧量

前 言

由于近十几年来水产养殖业的蓬勃发展, 配合饲料得到了广泛的应用, 同时带来许多问题, 如水环境的污染, 饲料效率偏低等, 困扰着养殖业的发展。这些问题的产生除了与饲料营养配比有关外, 还与配合饲料的水中稳定性有关。作为水产饲料必须投入水中, 鱼虾才能摄食, 而饲料一旦入水, 便受到了各种因素(pH、温度、渗透压、波流冲击、化学反应等)的影响, 产生各种反应, 如溶解、溶胀、断裂、粉化、剥落等。稳定性差的饲料入水后, 更容易溶散而溶失养分, 使水质营养化, 细菌滋生从而败坏水质, 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, 降低了饲料营养价值, 也降低了鱼虾品质。因此, 不良的配合饲料不但没有促进养殖的发展, 反而起了负作用, 可以说水中稳定性是水产饲料关键的质量指标。为此, 我们研究了对虾配合饲料浸于水中各营养成分的流失情况及其对水环境的影响, 为提高水产配合饲料的水中稳定性, 提高饲料质量提供依据。

收稿日期: 1994-01-03。

* 本研究属“八五”科技攻关项目(85-016-04-01)。刘海波、尚德荣、幸福言同志在实验中做了许多工作, 谨表致谢。

材 料 和 方 法

(一)实验材料与浸泡条件

为使所选配合饲料具有代表性, 根据历年行检情况及评比结果, 我们在三个档次的抽检饲料中各选二组(编号 1~6)进行实验分析。

经对各种人为控制条件(如崩解仪、磁力搅拌、旋转搅拌及人工定时搅拌等)的比较, 认为以蒸馏水静止浸泡保持条件较一致为宜。比例为 5g 饲料浸于 400ml 水中, 水温在 15~20℃。由于化学耗氧量的测定受到测定值范围(40~200mg/L)的限制, 测 COD 值时是 1g 饲料浸于 400ml 蒸馏水中。

(二)分析方法

1. 浸泡失重率的测定 采用重量法。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{\text{饲料干基重}(g) - \text{饲料浸泡后干基重}(g)}{\text{饲料干基重}(g)} \times 100$$

2. 营养成分百分含量下降率的计算

$$\text{浸泡百分含量下降率}(\%) = \frac{\text{浸泡前百分含量} - \text{浸泡后百分含量}}{\text{浸泡前百分含量}} \times 100$$

3. 盐分的测定(以 Cl⁻计) 采用 AgNO₃ 滴定法。脂肪的测定采用索氏提取法; 蛋白质的测定采用凯氏定氮法; COD 值的测定采用碱性高锰酸钾法^[1]。

结 果 和 讨 论

(一)饲料的性质

配合饲料属固、液、气三相混合物, 其中含有蛋白质、淀粉、无机盐、维生素等颗粒营养物质, 油脂类、水等液体营养物质, 在充分搅拌均匀后, 经调质、挤压成型后, 熟化、烘干等工艺过程而成。其维持成型的力非常复杂, 有颗粒挤压变形相嵌力, 各种化学力、物质间的引力、摩擦力、膜表面张力、粘合剂的附着力等等^[2], 其本身也存在着许多的溶散因子。在饲料进入水后, 便逐渐成为固、液两相混合物, 在水溶剂作用下, 颗粒间的气体被赶走, 可溶性无机盐、蛋白质、维生素、碳水化合物、色素、脂肪酸等在渗透压、氢键等力的作用下逐渐溶于水中, 干物质的吸水膨胀、变形, 挤压不均的断裂, 使饲料剥落、溶散而失去许多养分。由于各养分的性质不同, 溶失差异很大, 造成原本配比适当的营养比例又不平衡了, 这样更降低了饲料效率。

(二)养分溶失情况及饲料价值分析

1. 失重率 失重率是饲料浸泡水中营养成分损失的一个总的表现。对虾配合饲料在水中浸泡失重的分析结果见表 1。

表 1 各组饲料不同浸泡时间的失重率 (%)

Table 1 The weight loss rate of diets soaked in water with different minuts(%)

号/分 No./Min.	0	5	10	15	20	25	30	45	60	75	90	120	150	180	240	300	360
1	0.00	12.7	13.2	13.3	13.8	14.3	14.7	15.7	16.7	16.9	18.3	18.5	20.0	20.6	21.7	22.1	22.8
2	0.00	12.7	13.0	13.4	13.9	13.5	14.1	14.7	15.3	15.8	16.8	17.0	17.7	19.0	19.1	19.7	20.3
3	0.00	12.6	13.2	13.2	13.2	13.4	13.9	14.4	15.6	16.0	17.4	17.6	17.9	18.9	19.4	19.5	20.0
4	0.00	13.3	13.9	14.0	14.4	14.5	14.9	16.5	17.1	17.8	19.3	19.7	19.8	20.3	20.7	21.5	21.7
5	0.00	12.4	12.9	13.2	13.3	13.7	14.7	16.1	16.3	17.6	18.4	19.2	19.4	20.3	20.5	21.3	21.4
6	0.00	13.0	13.2	13.6	14.9	15.6	16.2	18.5	18.9	21.1	22.4	23.9	24.0	24.1	24.5	25.1	26.2

从表 1 可以看出, 饲料一进入水中便迅速失去一部分养分, 到 5 分钟至少失去了 12.4% 的重量, 其后溶失的速度便缓慢了, 其失重率 30 分钟时 $>13.9\%$, 60 分钟 $>15.3\%$, 120 分钟 $>17.0\%$, 360 分钟 $>20.0\%$; 最严重的是 6 号饲料达 26.6%。如此严重的溶失以及对虾抱食的摄食习性是造成国产饲料效率低的一个重要因素。浸泡前 5 分钟内流失的物质是饲料总失重量的大部分, 是应当研究解决的关键问题。

2. 饲料浸泡过程中盐分、蛋白质、脂肪含量的分析 饲料浸泡过程中究竟失去了什么? 其损失量如何? 为此我们测定了盐分、蛋白质、脂肪三大营养成分在浸泡饲料中的百分含量, 结果见表 2~4, 其百分含量皆以干基计算。

由表 2 可知, 盐分的溶失是非常迅速而彻底的, 仅以百分含量下降率来看, 在 5 分钟时饲料分别下降了 16.4~40.8%, 在 90 分钟时下降了 69.4~76.7%, 120 分钟时达 84.4~93.9%, 若计算失重造成的损失, 则盐分在 120 分钟时已溶失殆尽。可见, 盐分及类似盐分水溶性的物质是饲料中最不稳定的物质。

表 2 各组饲料浸泡过程中盐分含量(以 Cl^- 计)变化情况(%)Table 2 The variations of mineral contents (expressed by Cl^-) of diets soaked in water(%)

号/分 No./Min.	0	5	10	15	20	25	30	45	60	75	90	120	150	180	240	300	360
1	2.08	1.47	1.40	1.30	1.26	1.11	0.97	0.81	0.53	0.43	0.29	0.15	0.05	0.04	0.03	0.01	0.00
2	2.79	1.66	1.56	1.48	1.37	1.21	1.10	0.95	0.65	0.53	0.37	0.17	0.08	0.06	0.05	0.04	0.01
3	3.04	2.54	2.07	2.20	1.98	1.93	1.49	1.09	0.80	0.72	0.58	0.46	0.18	0.11	0.10	0.09	0.04
4	3.75	2.53	2.58	2.29	2.17	2.03	1.71	1.32	0.91	0.73	0.59	0.50	0.21	0.12	0.11	0.10	0.04
5	3.40	2.34	2.57	2.31	2.14	2.00	1.69	1.56	0.93	0.77	0.81	0.53	0.22	0.14	0.13	0.11	0.04
6	5.24	3.81	3.50	3.40	3.20	2.98	2.46	1.88	1.31	1.12	0.99	0.72	0.42	0.27	0.29	0.25	0.19

表 3 似乎给出了一反常数值, 在浸泡过程中蛋白质百分含量不但没有下降, 反而在上升。这并不表示在浸泡过程中蛋白质增多了。因为百分含量是一相对量, 蛋白质属有机大分子化合物, 难溶于水, 只有微量水溶性蛋白质可溶于水, 其分子量不大, 溶出速度很慢。这时水溶性物质大量溶出, 相对的蛋白质所占比例就大了。而其绝对含量却是在下

降。以 1 号饲料为例, 5g 饲料蛋白质含量为 $5\text{g} \times 49.9\% = 2.495\text{g}$, 浸泡 60 分钟时蛋白质含量则为 $5\text{g} \times (1 - 16.7\%) \times 51.2\% = 2.132\text{g}$, 其蛋白质总量在减少; 再以 5 号饲料 (其蛋白质百分含量相对增值最大) 为例, 5g 饲料蛋白质含量为 $5\text{g} \times 51.2\% = 2.560\text{g}$, 浸泡 75 分钟时蛋白质含量则为 $5\text{g} \times (1 - 17.5\%) \times 57.3\% = 2.364\text{g}$ 。可见, 蛋白质也是在损失, 只是相对损失量较少而已。

表 3 各组饲料浸泡过程中蛋白质含量变化(%)
Table 3 The variations of protein contents of diets soaked in water(%)

号/分 No./Min.	0	5	10	15	20	25	30	45	60	75	90
1	49.9	49.7	49.5	49.1	50.2	50.2	50.2	50.4	51.2	49.9	50.9
2	41.9	42.6	43.0	42.6	43.8	43.5	43.6	43.7	43.5	43.5	45.0
3	46.4	47.3	47.7	45.7	47.7	48.3	48.2	47.9	48.6	48.3	50.5
4	49.5	50.2	50.1	50.1	50.7	50.7	50.0	51.4	51.4	50.4	-
5	51.2	52.3	52.6	52.3	52.7	53.7	54.3	54.3	53.9	57.3	-
6	43.5	44.8	44.7	44.1	45.8	45.7	45.8	45.8	46.1	-	-

从表 4 可以看出, 饲料浸泡过程中脂肪的百分含量呈下降趋势, 说明饲料脂肪中含有一定量的脂肪酸, 其下降的速度差异很大。如 5 分钟时各组饲料脂肪百分含量相对下降率为 3.1~31.5%, 180 分钟达 18.1~63.1%, 说明脂肪的质量差异很大。因脂肪中脂肪酸含量高, 溶失大, 脂肪在氧化、酸败变质时产生大量的脂肪酸造成溶失, 脂肪下降率大亦说明是脂肪质量差的一个原因。1 号饲料 (浸泡 5 分钟脂肪下降率为 3.1%) 好的一个原因就是其脂肪质量高, 并在生产实践和评比中得到了养殖用户和专家的好评。90 分钟时浸泡饲料脂肪百分含量有一个反升, 推测可能是饲料浸泡到此时, 外层已溶胀, 粒状脱落造成。

表 4 各组饲料浸泡过程中脂肪含量变化情况(%)
Table 4 The variations of fat contents of diets soaked in water(%)

号\分 No.\Min.	0	5	10	15	20	25	30	45	60	75	90	120	150	180
1	7.19	6.97	7.13	6.49	6.21	6.61	7.19	6.63	6.40	6.02	6.97	6.64	6.60	5.85
2	3.19	2.62	3.04	2.56	2.44	2.71	2.42	2.47	2.01	1.94	2.52	2.49	1.93	1.91
3	4.51	3.09	2.98	4.06	3.21	3.17	3.02	2.53	1.80	1.99	2.04	2.80	2.16	2.37
4	4.13	3.82	4.12	3.82	3.41	3.89	4.10	4.00	3.59	4.11	4.15	4.04	3.99	3.13
5	2.60	1.98	1.30	1.97	2.12	1.47	1.44	1.68	1.54	1.76	1.57	1.77	1.69	0.69
6	0.81	0.64	0.67	0.61	0.81	0.63	0.66	0.77	0.75	0.81	0.97	1.42	1.66	0.78

3. 浸泡过程中饲料价值的分析 配合饲料的营养配比比例平衡是非常重要的, 鱼虾只有在摄取足够或超过其日常代谢消耗的营养物质才会有积累和生长。若其中某些营养成分不

足, 则会引起身体某方面生长不足, 更甚者, 引起连锁反应, 如缺乏 V_{B6} , 则会引起鱼虾蛋白质消化吸收障碍, 缺乏 V_c 则会引起组织出血、抵抗力下降、出现黑斑、甚至死亡等症状。作为营养平衡效应, 某些体内不能合成而又不能被其他物质替代的微量因子, 其含量的多少直接影响饲料价值, 成为限制饲料价值的因子。

投喂配合饲料应考虑鱼虾生长需要及经济效益。一般营养成分的配比是刚好能满足鱼虾生长需要, 以免造成浪费。所以, 在投喂过程中, 某些成分一旦减少, 便降低了饲料营养价值。在配合饲料投喂入水时, 我们经分析知道, 水易溶性物质迅速溶失, 水不易溶物质也会经剥落、断裂、溃散等因素造成部分损失。这首先从数量上减少了投喂的饲料, 从质量上看, 这些水溶性物质中有许多是鱼虾必需的营养物质, 如微量营养金属、水溶性维生素, 特别是其中一些具有限制性的营养因子, 更是加剧了对饲料营养价值的破坏。假如按限制性因子计算, 仅饲料入水 5 分钟饲料价值便下降了 16.4~40.8%, 120 分钟达 84.4~93.9%。这样饲料便无什么营养价值了, 虽然不能简单以此方式来计算浸泡饲料的营养价值 (因对虾对水中营养元素的吸收能力不明), 但也可以认识到饲料营养价值下降的严重性。

(三) 饲料入水后对水环境的影响

配合饲料一旦投入水中, 便会对水环境形成冲击^[3], 水溶性有机物、无机物迅速进入水中, 不溶性的剩余饲料会发酵、腐败。在养殖过程中, 随着有机物和营养盐的溶入, 其水质化学耗氧量增加, 养殖水质便会逐渐营养化。为此, 我们分析了饲料浸泡液的 COD 值, 结果见表 5^[4]

表 5 饲料浸泡液 COD 值的变化情况(mg/L)

Table 5 The variations of values of chemical oxygen dissipation of water soaked by diets (mg/L)

号/分 No./Min.	0	5	10	15	20	25	30	45	60	75	90	120	150	180	240	300	360
1	0	27.3	28.6	33.3	38.1	41.3	44.4	47.6	51.6	54.8	55.6	103.2	111.1	119.0	123.0	127.0	146.8
2	0	28.6	29.7	35.7	38.1	41.3	46.0	54.8	57.1	58.7	65.9	103.2	111.1	119.0	127.0	127.0	127.0
3	0	27.0	31.0	35.0	45.2	52.4	56.3	66.7	71.4	77.8	82.5	107.1	113.1	134.9	142.8	142.8	166.7
4	0	23.8	31.6	37.3	44.4	48.4	53.2	61.3	66.7	74.6	80.1	115.1	127.0	138.0	142.8	142.8	146.8
5	0	34.8	42.9	54.0	57.1	60.3	65.1	68.2	76.2	80.9	84.5	123.0	142.8	150.8	170.6	178.6	182.5
6	0	44.4	52.4	68.2	79.4	84.1	87.3	102.4	111.9	124.6	138.1	230.1	254.0	269.8	295.7	285.7	285.7

注: 浸泡条件是 1g 饲料浸于 400ml 蒸馏水中。

Note: The conditon of soaking is 1g diet in 400ml distilled water.

假设养殖虾池水深 0.8m, 每亩放苗 5kg, 产量 100kg, 日投饲量 6%, 则可知平均每
日配合饲料对水环境 COD 值的增值为: (1) 以 5 分钟浸泡最低值计 = $\left[\frac{1}{2} (100+5) \times 6\% \times 10^3 \text{g} / 0.8 \times 666 \times 10^6 \text{ml}\right] \times 23.8 \text{mg} / \text{L} \div \frac{1 \text{g}}{400 \text{ml}} = 0.056 \text{mg} / \text{L}$; (2) 以 120 分钟浸泡最低值计 = $0.056 + 23.8 \times 103.2 = 0.24 \text{mg} / \text{L}$ 。

由于对虾摄食、水体自净作用, COD 值不可能以 $0.24\text{mg/L}\cdot\text{日}$ 增加, 但由于残存饲料、对虾抱食食性, COD 值的日增加量却有可能大于 0.056mg/L , 若以此速度 20 天不换水可达 1.12mg/L 。若是投饲不科学, 残存饲料过多, 即便是有换水措施也会加剧水质营养化。

以日本吉田郎一对海水营养等级的划分可知: COD 大于 10mg/L 为腐败水域, COD 等于 $3\sim 10\text{mg/L}$ 为过营养水域, COD 等于 $1\sim 3\text{mg/L}$ 为富营养水域, COD 小于 1mg/L 为贫营养水域。当海域达富营养至过营养水质时, 便形成了慢性赤潮条件, 同时由于底层大量的有机物氧化分解, 便会造成无氧状态, 其影响情况如图 1^[5], 可看出在富营养水域, 其底层便已开始出现氧不足, 到过营养水域后, 其中, 下层已开始缺氧, 如此条件已不适宜养殖中、下层的种类了。中国对虾便属下层生物, 从上面的分析得知, 20 天投饲便可能产生富营养水域, 这也可能是养殖中国对虾生长不如天然中国对虾的一个原因。

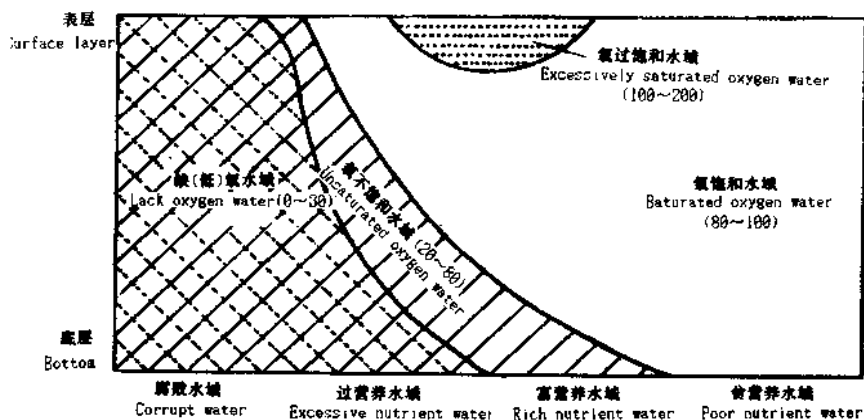


图 1 海域的营养等级与溶解氧分布(7-9 月) (%)为氧饱和度
Fig.1 The nutrient grade of sea water and dissolved oxygen distribution.
(July to Sep.) (%) is oxygen saturation

小 结

1. 从重量分析来看, 配合饲料入水后便开始失去部分重量, 5 分钟达 $12.4\sim 13.3\%$, 120 分钟达 $17.0\sim 23.9\%$, 这是饲料营养的直接损失。
2. 从营养成分分析来看, 对虾配合饲料在浸泡过程中水溶性营养成分溶失迅速且彻底, 以 Cl^- 计, 在 5 分钟内其百分含量便下降了 $16.4\sim 40.8\%$, 120 分钟达 $84.4\sim 93.9\%$, 日本学者研究证明在饲料缺乏无机质时, 即使将无机质溶于水, 鱼也往往出现异常, 单靠水中吸收量满足营养学需求的元素是极有限的^[6], 即溶解的无机质大部分丢失了; 有机不溶成分也会因溶散、断裂而失去一些成分。如此表明, 水产饲料投喂过程中, 营养比例失

去平衡, 营养价值下降, 是造成饲养效果低的一个重要原因, 这也给现在采用的人工配合饲料的配合方法敲了一个警钟, 必须改革其加工方式了。为此建议将水溶性成分喷雾包膜后再应用于颗粒饲料, 以减慢其溶失速度。有人提出的大颗粒包膜及螯合营养盐的方法也是一个改进途径。

3. 从配合饲料投入水中对水域环境的影响看, 会逐渐引起水域营养化, 这是一个不可避免的问题。我们要做的工作是减轻其危害, 现用配合饲料对水环境的冲击太大了, 每天竟能增加 0.056mg/L 的化学耗氧量, 可以说是养殖水域营养化的一个重要原因。

近年来, 养殖水域水质败坏、赤潮泛滥、虾病猖獗, 特别是养殖发达, 配合饲料使用普遍的地区, 在人们忙于寻找病因及治病方法的同时, 配合饲料的副作用也应引起重视。从上面分析知道, 配饲料过程中, 营养价值下降, 并引起水域营养化, 细菌滋生, 造成水域中下层缺氧。对虾在恶劣环境下, 摄食的又是浸泡后的低质饲料, 不可能生长的好, 更不能抵御病菌入侵。欲解决根本问题, 除进行防病、治病研究、进行科学管理外, 改进现有配合饲料性状亦是一个关键问题。

参 考 文 献

- [1] ——, 1980. 淡水养殖化学, 233-238. 农业出版社。
- [2] 刘兴海、刘伟, 1991. 鱼虾饵料的粘机理及影响饵料在水中稳定性的因素。饲料工业, 12 (2): 24-26。
- [3] 邓日清, 1992. 减少水产饲料对水环境的冲击。养鱼世界, 6: 76-80。
- [4] 陈四清, 李晓川等, 1993. 用COD法快速检测水产饲料水中稳定性。饲料工业, 14 (9): 16-17。
- [5] 韩书文、鲁守范译, 1986. 水圈的富营养化与水产增殖, 92-102. 农业出版社。
- [6] 荻野珍吉, 1987. 鱼类的营养和饲料, 308-326. 海洋出版社。

THE LOSS OF NUTRIENTS OF SHRIMP FORMULATED DIET SOAKED IN WATER AND ITS EFFECTS ON THE WATER ENVIRONMENT

Chen Siqing Li Xiaochuan Li Zhaoxin Zhai Yuxiu

(Yellow Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT This paper mainly deals with the loss of nutrients in formulated diet for shrimps while soaked in water and its effects on the water environment. We find that the stability of the diet which is produced and used now is relatively poor in water. Here are the results of the experiments.

1. When soaked in water, the diet would lose part of its weight, which may come to 12.0-13.3% of the total in 5 minutes and 17.0-23.9% in 2 hours.

2. The dissolving speed of each ingredient varies while being soaked in water. The water soluble materials run out rapidly and thoroughly, thereby the balance of the

nutrients system is broken down because of the uneven proportion of dissolution. This greatly lowers the nutrient value.

3. The water field would be rich in nutrition once the diet is casted into water. The diet in use would increase the chemical oxygen dissociation (COD) at a rate of 0.056 mg / L per day. This can pollute the water quality.

In consideration of the disadvantages mentioned above, we suggest that the water soluble materials should be coated first before they are made into pellets as a method to improve the diet quality.

KEYWORDS *Penaeus chinensis*, Formulated diet, Nutrient, Loss, Water enviroment, COD