

不同蛋白源饵料对虹鲍生长的影响*

STUDIES ON THE SUITABILITY OF DIFFERENT PROTEIN SOURCES FOR THE ABALONE *Haliotis iris*吴永沛¹ D. R. SHIEL²¹ 集美大学水产学院食品工程系 361021)² Dept. of Zoology, Univ. of Canterbury, Christchurch 1, New Zealand)

关键词 鲍, 饲料, 蛋白源

据 Tong 1989 年和 Shiel^[5] 的研究, 虹鲍 *Haliotis iris* 是新西兰最重要的鲍鱼经济品种和主要的养殖对象。许多国家和地区有意引进该品种。本文研究了不同蛋白源饵料对虹鲍生长的影响, 为研制高效率的人工配合饲料提供依据。

1 材料和方法

1.1 实验系统

玻璃钢水槽为养殖容器。水槽规格 2 000 mm × 700 mm × 380 mm (高)。每一水槽放置 8 只聚乙烯塑料筐, 筐的大小为 400 mm × 300 mm × 250 mm (高)。每一塑料筐放置一聚乙烯波纹板, 板上打孔 $\Phi 50$ mm 4 个。鲍能够通过板上的孔, 上下自由爬动。水槽上方设置一水管, 底部有冲气管, 用溢流管控制水槽中海水的高度。实验用水槽 4 个, 分上、下层设置。供、排水系统各槽独立, 遮光实验。

1.2 实验用鲍苗

实验用虹鲍苗采自新西兰 Kaikoura 海湾。采捕后的鲍置于实验室流水暂养, 用海藻喂养。每只实验用鲍均在其背壳上用万能胶粘贴上记号。测定每只鲍的最大体长(壳长 L_s) 和体重 (W_b)。每 20 只鲍为一实验组, 放置于一只塑料筐中。自制饲料 7 种, 以商品鲍饲料及海藻饲料作为对照组。每一种饲料有 3 个平行实验组, 共有 27 组, 每组鲍 20 只, 合计总鲍数 540 只。实验时间 90 d, 每 30 d 测定一次鲍的体长和体重, 与背壳上粘贴的号码一一对应。计算每只鲍的增长和增重, 并用 Anova 程序进行数理统计分析。

1.3 饲料加工

自制饲料的配方和成分见表 1。其中混合维生素

和矿物质按 Uki 1985 年的方法制作。所有饲料最终用糊精调节至蛋白质含量 30% 左右。

原料经过混合、粉碎、加水搅拌、压制成型、烘干等加工步骤, 制成 20 mm × 10 mm × 2 mm (厚) 的薄片。

1.4 投饵

实验时每天下午 5 时投饵, 按鲍体重的 2% ~ 3% 投饵。次日上午 8 时取出残饵, 清除粪便。根据每一种饵料的摄食情况, 调节投饵量, 以略有过剩为准。统计出每一种饵料的投饵量、摄食量, 计算其饲料系数 (FCR_1)、投饵系数 (FCR_2)、蛋白质效率 (PER) 及相对长指数 (RGI)。

商品饲料由新西兰某公司提供, 蛋白质含量约 35%。海藻饲料 *Lessonia variegata* (一种生长于新西兰南岛沿海的巨藻) 取自 Kaikoura 海湾, 大约每 3 d 投饵一次, 其他管理方法同人工配合饲料。海藻饲料的含水率很大, 剩饵也很多, 因此不作饵料量的统计, 仅作鲍生长的对比。几种计算方法如下:

(1) 摄食量 (g) = (投饵量 - 投饵量 × 溶解率) - 残饵量 (干计)

(2) FCR_1 = 饲料摄食量/鲍增重

(3) FCR_2 = 投饵量/鲍增重

(4) PER = 鲍增重/蛋白质摄食量

(5) RGI : 以酪蛋白组的体重净增长量为 100, 其他组比较得出。

* 国家科委“八五”攻关项目、国家教委留学中心资助项目的部分内容。感谢新西兰 Canterbury 大学动物学系提供实验条件。

收稿日期: 1999-06-11; 修回日期: 1999-10-08

2 结果

2.1 鲍的生长

鲍的生长情况见表 2。在 90 d 的养殖实验中,均未

见鲍死亡。实验开始时,鲍的体长 35~37 mm,体重 5~6 g。经单因素方差分析,各实验组之间鲍的起始体长和体重没有显著性差异($P > 0.05$)。实验 90 d 结束时,体

表 1 饲料配方和基本成分(%)

饲料号	1	2	3	4	5	6	7
酪蛋白	31	/	/	/	/	/	/
大豆蛋白	/	33	/	/	16	/	/
大豆粕	/	/	56	/	/	17	/
鱼粉	/	/	/	46	23	23	23
糊精	31	29	6	16	23	22	10
褐藻酸钠	15	15	15	15	15	15	15
α -淀粉	10	10	10	10	10	10	10
海藻粉	5	5	5	5	5	5	5
鳕肝油	2	2	2	2	2	2	2
混合维生素*	2	2	2	2	2	2	2
混合矿物质*	4	4	4	4	4	4	4
粗蛋白	30.0	30.5	29.3	29.2	30.1	30.5	30.2
粗脂肪	2.9	2.7	4.2	6.1	4.6	4.4	5.2
矿物质	4.5	4.5	7.0	9.7	7.1	7.3	8.4

* 据 UK1 1985 年报道。

生长顺序为:酪蛋白+鱼粉组(46.78 mm)、大豆蛋白+鱼粉组(46.3 mm)、酪蛋白组(45.88 mm)、大豆粕+鱼粉组(45.01)、鱼粉组(44.41 mm)、大豆蛋白组(44.19)、商品鲍饲料组(40.96 mm)、海藻组(38.68 mm)、大豆粕组(38.22 mm)。其中酪蛋白+鱼粉组、大豆蛋白+鱼粉组和酪蛋白组这三组之间的体长无显著性差异($P > 0.05$)

喂养 90 d 后体重生长顺序为:酪蛋白+鱼粉组(13.33 g)、酪蛋白组(12.75 g)、大豆粕+鱼粉组(12.51 g)、大豆蛋白+鱼粉组(12.49 g)、鱼粉组(11.03)、大豆蛋白组(10.95)、商品鲍饲料组(8.33)、海藻组(7.07)、大豆粕组(6.69)。其中酪蛋白+鱼粉组、酪蛋白组、大豆粕+鱼粉组和大豆蛋白+鱼粉组,这 4 组之间无显著性差异($P > 0.05$)。经统计鱼粉组与上述 4 组之间具有显著性差异($P < 0.01$)。

2.2 鲍的生长率

鲍的体重和壳长净生长量见表 3。就其体长来说,90 d 的净生长量最大的为酪蛋白+鱼粉组(总 10.8 mm,平均 120 $\mu\text{m}/\text{d}$)。其次为酪蛋白组(总 10.1 mm,平均 112 $\mu\text{m}/\text{d}$)和大豆蛋白+鱼粉组(总 10.0 mm,平均 111 $\mu\text{m}/\text{d}$)。最差的为海藻组(总 2.86 mm,平均 32 $\mu\text{m}/\text{d}$)、其次为大豆粕组(总 2.88 mm,平均 32 $\mu\text{m}/\text{d}$)。大豆

粕组的净生长量仅为生长最好的酪蛋白+鱼粉组的 27%。

90 d 养殖试验中,体重净生长最好的也是酪蛋白+鱼粉组(总 7.68 g,平均 85 mg/d),其次为酪蛋白组(总 7.17 g,平均 80 mg/d)及大豆粕+鱼粉组(总 6.78 g,平均 75 mg/d)。最差的为大豆粕组(总 1.29 g,平均 14 mg/d),仅为酪蛋白+鱼粉组的 17%;其次为海藻组(总 1.50 g,平均 17 mg/d),仅为酪蛋白+鱼粉组的 20%。

鲍壳长的逐日生长速度($\mu\text{m}/\text{d}$)从表 3 可以看出,9 种饲料几乎都是在第二个月达到高峰,第一个月与第三个月差别不大。最大壳长生长速度,出现在酪蛋白+鱼粉组的第二个月,达 166 $\mu\text{m}/\text{d}$;其次是酪蛋白组的第二个月,为 154 $\mu\text{m}/\text{d}$ 。鲍体重日平均增长速度(mg/d),在生长良好的第 1,2,4,5,6,7 组中,都是第二个月比第一个月高,而生长不良的第 3,8,9 组中,却呈逐月下降趋势。体重生长速度最高为酪蛋白+鱼粉组的第二个月,达到 103 mg/d;其次是大豆粕+鱼粉组,为 99 mg/d。生长不良的大豆粕组及海藻组,第三个月体重出现负增长,为 -6 mg/d 和 -1 mg/d。

2.3 饲料效果

饲料效果分析见表 4。

按 Uki1985 年报道的方法, RGI 是以酪蛋白组的净

增重量为 100 相比较得出。从表 4 可以看出,酪蛋白 + 鱼粉组的 *RGI* 最高,达 107,比酪蛋白组高出 7%。大豆粕 + 鱼粉组为 97,其次为大豆蛋白 + 鱼粉 93。最差为大豆粕组 19 以及海藻组 21。各组饲料的摄食量差别较

表 2 鲍生长情况(平均值 \pm *S. E.*)

饲料号	蛋白源	鲍鱼数 (只)	开始		30 d		60 d		90 d	
			体长 (mm) (\pm <i>S. E.</i>)	体重 (g) (\pm <i>S. E.</i>)	体长 (mm) (\pm <i>S. E.</i>)	体重 (g) (\pm <i>S. E.</i>)	体长 (mm) (\pm <i>S. E.</i>)	体重 (g) (\pm <i>S. E.</i>)	体长 (mm) (\pm <i>S. E.</i>)	体重 (g) (\pm <i>S. E.</i>)
1	酪蛋白	60	35.43 (\pm 0.45)	5.57 (\pm 0.05)	38.13 (\pm 0.43)	8.05 (\pm 0.11)	42.75 (\pm 0.30)	10.85 (\pm 0.30)	45.58 (\pm 0.50)	12.75 (\pm 0.59)
2	大豆蛋白	60	36.03 (\pm 0.68)	5.78 (\pm 0.27)	38.01 (\pm 0.67)	7.64 (\pm 0.45)	41.67 (\pm 0.74)	9.55 (\pm 0.38)	44.19 (\pm 0.85)	10.95 (\pm 0.54)
3	大豆粕	60	35.34 (\pm 0.84)	5.38 (\pm 0.42)	36.54 (\pm 0.94)	6.40 (\pm 0.66)	37.69 (\pm 0.95)	6.86 (\pm 0.63)	38.22 (\pm 0.89)	6.69 (\pm 0.59)
4	鱼粉	60	35.40 (\pm 0.21)	5.47 (\pm 0.16)	37.77 (\pm 0.21)	7.54 (\pm 0.18)	42.20 (\pm 0.45)	9.75 (\pm 0.50)	44.41 (\pm 0.70)	11.03 (\pm 0.79)
5	酪蛋白 + 鱼粉	60	35.94 (\pm 0.47)	5.68 (\pm 0.25)	38.73 (\pm 0.66)	8.28 (\pm 0.41)	43.70 (\pm 0.61)	11.36 (\pm 0.43)	46.78 (\pm 0.74)	13.33 (\pm 0.46)
6	大豆蛋白 + 鱼粉	60	36.30 (\pm 0.57)	5.79 (\pm 0.25)	38.91 (\pm 0.31)	8.23 (\pm 0.16)	43.34 (\pm 0.21)	10.94 (\pm 0.18)	46.30 (\pm 0.50)	12.49 (\pm 0.32)
7	大豆粕 + 鱼粉	60	36.00 (\pm 0.48)	5.73 (\pm 0.26)	38.28 (\pm 0.40)	7.69 (\pm 0.26)	42.38 (\pm 0.41)	10.65 (\pm 0.24)	45.01 (\pm 0.37)	12.51 (\pm 0.32)
8	商品饲料	60	35.70 (\pm 0.62)	5.66 (\pm 0.23)	36.97 (\pm 0.64)	7.00 (\pm 0.36)	40.10 (\pm 0.72)	8.05 (\pm 0.57)	40.96 (\pm 0.86)	8.33 (\pm 0.71)
9	海藻	60	35.82 (\pm 0.51)	5.57 (\pm 0.39)	36.70 (\pm 0.58)	6.42 (\pm 0.30)	38.28 (\pm 0.74)	7.11 (\pm 0.33)	38.68 (\pm 0.50)	7.07 (\pm 0.41)

表 3 鲍体重和壳长净增长量(平均值 \pm *S. E.*)

饲料号	蛋白源	鲍鱼数 (只)	030 d		3060 d		6090 d		90 d 总生长量	
			体长 (μ m/d) (\pm <i>S. E.</i>)	体重 (mg/d) (\pm <i>S. E.</i>)	体长 (μ m/d) (\pm <i>S. E.</i>)	体重 (mg/d) (\pm <i>S. E.</i>)	体长 (μ m/d) (\pm <i>S. E.</i>)	体重 (mg/d) (\pm <i>S. E.</i>)	体长 (μ m/d) (\pm <i>S. E.</i>)	体重 (mg/d) (\pm <i>S. E.</i>)
1	酪蛋白	60	90 (\pm 1.2)	83 (\pm 4.3)	154 (\pm 9.8)	93 (\pm 6.3)	94 (\pm 7.4)	63 (\pm 12.9)	10.1 (\pm 0.18)	7.17 (\pm 0.24)
2	大豆蛋白	60	66 (\pm 2.7)	62 (\pm 6.6)	122 (\pm 5.9)	64 (\pm 2.8)	84 (\pm 5.9)	47 (\pm 6.7)	8.16 (\pm 0.15)	5.19 (\pm 0.16)
3	大豆粕	60	40 (\pm 7.4)	34 (\pm 8.5)	38 (\pm 3.2)	15 (\pm 5.3)	18 (\pm 5.3)	-6 (\pm 2.4)	2.88 (\pm 0.16)	1.29 (\pm 0.16)
4	鱼粉	60	79 (\pm 0.9)	69 (\pm 0.2)	148 (\pm 12.7)	74 (\pm 12.2)	74 (\pm 8.8)	43 (\pm 11.4)	9.0 (\pm 0.22)	5.58 (\pm 0.24)
5	酪蛋白 + 鱼粉	60	93 (\pm 10.3)	87 (\pm 5.4)	166 (\pm 7.9)	103 (\pm 4.8)	103 (\pm 6.6)	66 (\pm 7.3)	10.8 (\pm 0.25)	7.68 (\pm 0.18)
6	大豆蛋白 + 鱼粉	60	87 (\pm 7.0)	81 (\pm 2.5)	148 (\pm 4.5)	90 (\pm 1.9)	99 (\pm 2.9)	52 (\pm 5.6)	10.0 (\pm 0.14)	6.69 (\pm 0.10)
7	大豆粕 + 鱼粉	60	76 (\pm 6.1)	65 (\pm 1.5)	137 (\pm 1.0)	99 (\pm 1.6)	8 (\pm 2.9)	62 (\pm 3.9)	9.00 (\pm 0.10)	6.78 (\pm 0.07)
8	商品饲料	60	43 (\pm 1.9)	45 (\pm 5.1)	104 (\pm 6.5)	35 (\pm 6.7)	29 (\pm 8.1)	9 (\pm 6.9)	5.26 (\pm 0.17)	2.67 (\pm 0.19)
9	海藻	60	30 (\pm 3.1)	28 (\pm 3.3)	52 (\pm 5.2)	23 (\pm 2.6)	13 (\pm 4.7)	-1 (\pm 5.3)	2.86 (\pm 0.13)	1.50 (\pm 0.11)

大,从最低的商品饲料 110 g 到最高的鱼粉组 374 g,相差近 3 倍。这在一定程度上反映了不同饲料的适口性的差异。鲍的增重,以酪蛋白+鱼粉组最高,为 453 g,最低为大豆粕组 82 g,相差 5.5 倍。增重较好的还有酪蛋白组 424 g 及大豆粕+鱼粉组 410 g。PER 以酪蛋白+鱼粉组最高,达 5.37;其次为大豆粕+鱼粉组,为 4.51,以及酪蛋白组 4.43,最低为大豆粕组 2.80。FCR₁ 和投饵系数 FCR₂ 两者的区别在于前者以饲料实际摄食量计算而得,后者以总投饵量计算而得。FCR₁ 在理论上反映了饲料的营养价值、适口性,以及可消化性等,而 FCR₂ 因关系到鲍养殖成本,在生产实践中更为重要。FCR₁ 以酪蛋白+鱼粉组最佳,为 0.62,其次为大豆粕+鱼粉组为 0.72 及酪蛋白组 0.75。最差为大豆粕组 1.96。有 3 个饲料组的 FCR₂ 相同,它们分别是酪蛋白组、酪蛋白+鱼

粉组及分离蛋白+鱼粉组,为 1.85,其次为大豆粕+鱼粉组 2.44,最高为大豆粕组 4.76。

3 讨论

从实验结果得出,酪蛋白、大豆蛋白、鱼粉和大豆粕 4 种蛋白源,以养殖 90 d 的虹鲍的 RGI, FCR₁, FCR₂ 及 PER 来衡量,酪蛋白优于其余 3 种蛋白源。这一结论与 Uki1985 年对皱纹盘鲍 *Haliotis discus hannai* Ino 的研究相同,而与 Britz^[2]对中间鲍 *Haliotis midae* 的研究有所差别(见表 5)。Uki1985 年认为:鱼粉蛋白源的效果劣于酪蛋白是由于在鱼粉加工时过分加热而使其营养价值下降,若采用未经加热的鱼肉浆代替鱼粉,其饲料效果显著提高。Viana 1993 年对粉红鲍 *Haliotis fulgens* 的研究指出,酪蛋白和鱼粉作为蛋白源,经过 90 d 的养殖实

表 4 饲料效果分析(鲍数 60 只,养殖 90 d)

饲料号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
蛋白源	酪蛋白	大豆蛋白	大豆粕	鱼粉	酪蛋白 + 鱼粉	大豆蛋白 + 鱼粉	大豆粕 + 鱼粉	商品饲料	海藻
投饵量(g)	786	808	391	802	839	733	1 000	619	/
摄食量(g)	319	341	161	374	280	300	301	110	/
鲍鱼增重(g)	424	307	82	329	453	396	410	155	91
PER	4.43	2.95	2.80	3.01	5.37	4.33	4.51	/	/
FCR ₁	0.75	1.11	1.96	1.34	0.62	0.76	0.73	0.71	/
FCR ₂	1.85	2.63	4.76	2.43	1.85	1.85	2.44	4.00	/
RGI	100	72	19	78	107	93	97	37	21

验,鲍的生长几乎没有差异。这些研究结果的差异可能是由于蛋白源原料质量、鲍鱼的品种及养殖条件差异所致。

酪蛋白、大豆蛋白及大豆粕蛋白源的 50% 由鱼粉代替而制成混合蛋白源时(第 5、6、7 组),RGI, FCR 和 PER 指标均比其单一蛋白源时好,显示了蛋白质营养价值的互补作用。在鱼类饲料的研究中,蛋白质营养功能的互补作用已被深入研究和应用。Shiau 1990 年对罗非鱼的研究结果指出,当饲料中 30% 的鱼粉由脱脂大豆蛋白代替时,鱼体重增加了 15%,FCR 由 1.30 下降至 1.11,PER 由 3.67 上升为 4.63。蛋白质的互补作用在理论上认为是由于组成的氨基酸互相补充作用,但也不能排除其他营养素相互补充的可能性。鱼粉组摄食量最高,说明由鱼粉制成的饲料具有较好的诱食性和适口性。Wagatsuma 和 Nakamura 1977 年的研究认为,鱼粉中存在许多低分子量呈味成分,对鲍具有较强的诱食作用,其诱食作用甚至超过褐藻酸钠。同时,Uki

1986 年指出鱼粉中含有多种不饱和脂肪酸,它们是鲍生长不可缺少的物质。因此,尽管鱼粉蛋白源单独使用时效果不够理想,但当制成混合蛋白源时,即能提高鲍的摄食量,又能提高饲料的营养价值,在实际生产中具有重要的意义。

据 Shiau 1990 年的研究,大豆来源的分离蛋白及大豆粕,其氨基酸组成和比例几乎完全一致。从本文的研究结果可以看出,单一蛋白源中,分离蛋白比大豆粕效果好,而在混合蛋白源饲料组中,后者比前者好。这种情况肯定不是由于其蛋白质所含的氨基酸的差异所致。大豆制品含有许多抗营养素,例如胰蛋白酶抑制剂(Trypsin inhibitor)、肌醇六磷酸(Phytic acid)及血球凝集素(Hemagglutinating agent)等。它们能够降低大豆蛋白的吸收利用,引起饲养动物的生理代谢紊乱^[1]。大豆分离蛋白和大豆粕效果的差异,可能与这些抗营养素的作用有关。

表 5 不同作者对酪蛋白和鱼粉蛋白源效果比较分析

参数	蛋白源	Uki (1986)	Brita (1996)	本文作者
RGI (%)	酪蛋白	100	100	100
	鱼粉	48	150	78
FCR	酪蛋白	0.83	0.7	0.75
	鱼粉	1.58	0.8	1.34
PER	酪蛋白	4.0	4.7	4.43
	鱼粉	2.1	3.9	3.01

本文研究结果指出, 当用鱼粉代替部分大豆蛋白或大豆粕时, 饲料效果得到很大的改善, 饲料效果不仅超过了分离蛋白或大豆粕组本身, 而且也超过了鱼粉组。大豆粕 + 鱼粉组的 RGI 达到 97, 与酪蛋白组相近,

并且其生产成本仅为酪蛋白组的几分之一。结合养殖效果和经济意义, 大豆粕 + 鱼粉是虹鲍 *Haliotis iris* 的最适蛋白源。☀

参考文献

- 1 王渊源. 鱼虾营养概论. 厦门: 厦门大学出版社, 1993. 85 ~ 100
- 2 Hahn, K. O. (ed). Handbook of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods. Inc., Boca Raton, Florida: CRC Press, 1989.
- 3 Britz, P. J.. *Aquaculture*, 1996, 140: 63 ~ 73
- 4 Britz, P. J.. *Aquaculture*, 1996, 140, 55 ~ 61
- 5 Shiel, D. R.. The Paua (abalone) Fishery of New Zealand. In: Shepherd S. A. (Eds.), *Abalone of the World. Biology, Fisheries and Culture*. Fishing News books. Cambridge: The University Press. PP427 ~ 437