

真鲷幼体的摄食与营养

郑微云 苏永全 李文权 洪 蓓 杨玻璃

(厦门大学, 361005)

提 要 真鲷幼体摄食与营养研究结果表明: 真鲷幼体的日摄食具有明显的昼夜节律性。白天的摄食强度大于夜间, 早晨及傍晚分别出现日摄食的两个高峰。葡萄糖为真鲷幼体生长的重要能源物质之一, 主要贮存于幼体的肌肉和肝脏中。氨基酸是幼体生长的重要物质, 真鲷幼体体内必需氨基酸的可能种类有 11 种。

关键词 真鲷幼体, 摄食, 营养, 必需氨基酸

真鲷 (*Pagrosomus major* Temminck et Schlegel) 是我国沿海各省市网箱养殖的主要鱼种之一, 也是名贵的经济鱼种。近年来, 真鲷养殖业发展迅猛。目前生产上使用的鱼苗多为人工繁殖, 因此, 对真鲷不同发育阶段的生态环境、投饵、摄食、营养的研究, 显得十分重要。摄食和营养直接影响真鲷的生长、发育及存活。本文主要对人工饲养条件下, 真鲷幼体的摄食与营养进行研究, 探讨幼体摄食的特点和营养需求, 以为养殖提供科学依据, 促进真鲷资源增殖。

一、材料与方 法

1. 实验用鱼 由福建省平潭县竹屿海水育苗场真鲷育苗课题组提供。从初孵到发育后的真鲷依不同实验要求, 分批采于育苗池中。

实验所用饵料生物: 牡蛎担轮幼虫和卤虫无节幼体, 均由室内孵化、培育取得。

2. 主要实验仪器与试剂 液体闪烁计数仪 (TRI-CARB 4640, Packard Co. U. S. A.); STL-II 型体视显微镜; ^{14}C -葡萄糖, 7400Bq/ml; ^{14}C -苯丙氨酸, 4700Bq/ml (中国科学院原子能研究所产品); 助溶剂, Soluene-350; 闪烁液 Bimilume-30 (Packard. Co. U. S. A.)。

3. 测定日摄食节律的原理与方法

(1) 饵料减量法原理 实验期间内的摄饵量采用饵料的实际减少法计算。实验开始时投入一定量的饵料, 实验结束时计算剩余饵料量, 其差值为摄饵量。

饵料原液密度的计算: 充分均匀饵料液, 移取 1ml 至计数框, 海水稀释, 用 STL-II 型体视显微镜镜检或目测饵料个数。重复五次, 以平均值作饵料原液的密度。实验时移取一定量投饵。

剩余饵料密度的计算: 实验结束时, 充分均匀实验水体, 移取 5ml 至计数框, 镜检或目测饵料个数, 重复五次, 以平均值作饵料原液密度。

$$\text{摄食强度} = \frac{\text{投饵量} - \text{剩饵量}}{\text{每组鱼尾数}} = \frac{\text{饵料原液密度} \times \text{投饵体积} - \text{剩饵密度} \times \text{水体体积}}{\text{每组鱼尾数}}$$

上式中的投饵体积为所投饵料原液的体积。

(2) 日摄食节律的测定 实验时间为24小时,每2小时为一时区。实验自早晨06:00开始至次日06:00结束。06:00—18:00为昼时区,18:00—06:00为夜时区。试验时分别取发育8天的仔鱼三组(每组20尾)、发育28天的稚鱼三组(每组20尾)和发育42天的幼鱼三组(每组10尾)。实验在不同容积的烧杯中进行。取大小一致的健康真鲷适应30分钟后投饵。2小时后计算各时区的摄食量,并按下式比较相对摄食强度,

$$\text{相对摄食强度} = \frac{\text{时区摄食强度}}{24\text{小时总摄食强度}} \times 100\%$$

4. 营养物质在真鲷幼体内转运与分布的测定 将饵料生物卤虫置于1000ml海水中(加入5ml ^{14}C -葡萄糖7400Bq/ml溶液)吸收6小时进行渗透标记,用筛绢过滤后冲洗,置于干净过滤海水中静置2小时,再进行多次过滤洗涤。同法对卤虫进行 ^{14}C -苯丙氨酸渗透标记。取孵化45天的真鲷幼鱼40尾分两组置于水箱中充气饲养,先投喂无标记的配合饲料使之适应,然后分别加入标记 ^{14}C -葡萄糖和 ^{14}C -苯丙氨酸的卤虫,每隔1~3小时取一尾真鲷幼鱼,冲洗其体表除去污染的放射性物质。解剖后分别取组织样品,计算其湿重后加0.5ml助溶剂和10ml闪烁液,分别进行闪烁计数。

5. 真鲷幼体必需氨基酸的测定 真鲷幼鱼先于水泥池中暂养备用(每天换水50%,饲以蓝圆鲈鱼糜)。7天后选出体长5~6cm,体重3.0g的真鲷幼鱼12尾,放入海水玻璃箱中充气饲养。用0.25ml玻璃注射器(4*针头)吸取30ml的 ^{14}C -葡萄糖(每ml含0.1mCi)注入真鲷幼鱼背部肌肉内,用海水淋洗一遍(回收淋洗水供测定放射性),迅速放入水箱中,注射后的真鲷幼鱼在水底稍卧几秒即恢复正常。第二天换水500g(留样测放射性),第三天同第二天操作,每天定时投喂适量的蓝圆鲈鱼糜(不致剩食),培养6天整。

二、结 果

1. 真鲷仔、稚和幼鱼的日摄食强度(表1) 真鲷仔、稚和幼鱼白天(06:00—18:00)的摄食强度约占日摄食强度的百分比依次为:81.36%、83.2%和84.7%;夜间(18:00—06:00)摄食强度分别仅占日摄食强度的18.7%、16.8%和15.3%。仔、稚、幼鱼的日摄食强度都有两个高峰期,分别在早晨(06:00—08:00)和傍晚(16:00—18:00)。

2. 饵料中 ^{14}C -葡萄糖及 ^{14}C -苯丙氨酸在真鲷幼体中的转运与分布(表2) 投饵1小时后,胃中标记葡萄糖的量约占41.28%,肠中约占29.50%。肌肉、肝脏和鳃中也有少量标记物。随时间的延长,标记物逐渐由胃、肠向肝脏、肌肉等器官转运。到投饵9小时,胃、肠中 ^{14}C -葡萄糖含量分别降到2.34%和7.78%;而肝脏、肌肉中的 ^{14}C -葡萄糖则分别增至39.03%和42.30%;鳃中的标记物含量也略有增加。

^{14}C -苯丙氨酸也是由胃、肠向各器官转运。到投饵9小时,标记物主要分布于肌肉中,约占50.49%。肝脏中 ^{14}C -苯丙氨酸的量为28.98%,而胃、肠、鳃中标记物含量较少。

表1 真鲷仔、稚、幼鱼日摄食强度(3天平均值)
 Table 1 Daily feeding intensity of *P. major* larvae, juvenile and young fish (average of 3d)

发育 天数	饵料 种类	每组 尾数	水体体积 (ml)	时 间 (时:分)	摄食强度 (个/尾·2h)	相对摄食强度 (%)
8天 (仔鱼)	牡 蛎 担 轮 幼 虫	20	500	06:00—08:00	53.4	19.6
				08:00—10:00	34.2	12.5
				10:00—12:00	27.6	10.1
				12:00—14:00	19.8	7.2
				14:00—16:00	25.8	9.5
				16:00—18:00	61.2	22.4
				18:00—20:00	18.0	6.6
				20:00—22:00	9.6	3.5
				22:00—24:00	3.9	1.4
				24:00—02:00	3.3	1.2
				02:00—04:00	5.7	2.1
				04:00—06:00	10.6	3.9
			总和	273.1	100	
28天 (稚鱼)	卤 虫 无 节 幼 体	20	2000	06:00—08:00	146.4	21.8
				08:00—10:00	80.8	12.0
				10:00—12:00	57.2	8.5
				12:00—14:00	45.3	6.8
				14:00—16:00	79.2	11.8
				16:00—18:00	150.0	22.3
				18:00—20:00	40.5	6.0
				20:00—22:00	9.7	1.5
				22:00—24:00	8.0	1.2
				24:00—02:00	11.6	1.7
				02:00—04:00	12.8	1.9
				04:00—06:00	30.4	4.5
			总和	671.9	100	
42天 (幼鱼)	卤 虫 无 节 幼 体	10	5000	06:00—08:00	1063.4	22.5
				08:00—10:00	671.2	13.0
				10:00—12:00	436.8	9.2
				12:00—14:00	370.4	7.8
				14:00—16:00	508.0	10.7
				16:00—18:00	1020.7	21.5
				18:00—20:00	213.6	4.5
				20:00—22:00	80.8	1.7
				22:00—24:00	47.8	1.0
				24:00—02:00	38.0	0.8
				02:00—04:00	94.7	2.0
				04:00—06:00	251.6	5.3
			总和	4748.0	100	

表2 饵料中 ^{14}C -葡萄糖及 ^{14}C -苯丙氨酸在真鲷幼鱼体内的分布转移
Table 2 Distribution of carbon-14 glucose and carbon-14 phenylalanine in *P. major* young fish

标记物种类	渗入部位	含 量 (%)			
		1 小时	3 小时	6 小时	9 小时
^{14}C -葡萄糖	胃	41.28	11.26	6.95	2.34
	肠	29.50	26.33	16.25	7.78
	肝	13.38	24.52	29.18	39.83
	肌肉	10.49	24.92	36.99	42.30
	鳃	5.35	12.77	9.68	8.75
^{14}C -苯丙氨酸	胃	51.86	16.03	8.17	3.57
	肠	22.95	30.43	17.87	9.78
	肝	11.78	20.83	24.67	28.98
	肌肉	10.47	26.35	41.94	50.49
	鳃	3.12	7.28	7.44	7.12

3. 真鲷幼体的必需氨基酸(表3) 刚注射的 12 尾真鲷幼体会将部分 ^{14}C -葡萄糖直接排到体外, 培养海水中 ^{14}C 标记物量(236.1DPM/ml)约占总注射量的 21.27%。Glu、Asp、(Cys)₂、Pro、Ser、Ala 和 Gly 这七种氨基酸中都有大量的标记物渗入, 其中尤以 Asp、Glu、Ala 三种氨基酸的放射性为最高; 而 Try、Leu、Ile、His、Lys、Val、Phe、Met、Arg、Thr 和 Trp 这 11 种氨基酸中的标记物的渗入量极少, 尤以 Trp 的放射性为最低。

表3 真鲷幼鱼氨基酸的组成及其放射性(平均值)
Table 3 Amino acid composition and their radioactivity of *P. major* young fish

编号	AA	^{14}C 含量(DPM/ μmol)	编号	AA	^{14}C 含量(DPM/ μmol)
01	Glu	143.2	10	Ile	0.76
02	Asp	149.6	11	His	0.36
03	(Cys) ₂	127.3	12	Lys	0.34
04	Pro	78.9	13	Val	0.30
05	Ser	76.6	14	Phe	0.47
06	Ala	130.9	15	Met	0.17
07	Gly	55.4	16	Arg	2.18
08	Tyr	0.40	17	Thr	1.10
09	Leu	0.37	18	Trp	0.11

注: 注射后海水中 ^{14}C -葡萄糖为 236.1DPM/ μmol , 约占总注射量的 21.27%

三、讨 论

1. 真鲷幼体的日摄食节律 真鲷幼体发育过程中, 日摄食量不断增大(表1), 幼鱼

的日摄饵量远大于仔、稚鱼,这与仔鱼的感觉器官、消化器官、侧线系统、鳍的发育较仔、稚鱼完善,摄食机能不断增大有关。

许多研究表明[Helsman, 1986; Okada, 1965; Schwassmann, 1980],鱼类的摄食活动有一定节律性。可分为:白天摄食、晚上摄食、晨昏摄食及无明显节律4种类型。本文实验结果表明:真鲷仔、稚、幼鱼的日摄食强度均有明显的昼夜节律性。白天(06:00—18:00)摄食量大于晚间(18:00—06:00),占日摄食量的80%以上;早晨(06:00—08:00)及傍晚(16:00—18:00)出现两个摄食高峰,其总摄食量约占日摄食量的40%左右,由此看来,真鲷早期幼体属白天偏晨昏摄食类型。

真鲷幼体摄食的这种昼夜节律性:可能的解释有两种。从光照角度看,夜间光线黑暗,不利于幼体摄食;而白天光线充足,能保证摄食活动的正常进行。从胃容量的角度看,Lshiwafa[1968]认为,由于鱼胃的容量一定,胃内含物的量对再摄食的影响很大。真鲷早期幼体因为夜间摄食强度低,形成空腹状态,所以到次日早晨,摄食量急增;接下来由于一天中游泳、集群等行为活动的消耗,又逐渐形成空腹状态,到傍晚时再次形成摄食高峰。因此,建议在真鲷幼体投饵过程中,白天特别是早晨和傍晚,应多投饵,而夜间应少投饵或不投饵。这样既可保证幼体的摄食要求,又可避免浪费,还可减少水质变坏的可能性。我们认为,通过人工延长照明时间,造成“假日昼”现象,以延长幼体的摄食时间,增加幼体摄食量,达到提高其生长发育速度,缩短养殖周期的目的。

必须说明的是,本实验是在不同容积的烧杯中进行的。这样做是为了便于尽可能明确地计算剩饵量。然而,小水体对日摄食量的影响是很大的。在小水体中,鱼的活动受到严重限制,代谢活动低,食物消化时间长,很大程度上限制了鱼类摄食更多的饵料。所以,本实验所测的日摄食量数值可能偏低。

2. 真鲷幼体的营养需求 ^{14}C -葡萄糖在真鲷幼体的转运与分布情况(表2)表明:葡萄糖先经胃到肠,由肠吸收后经血液循环转移到肝脏和肌肉组织中,参予其代谢活动,并以肝糖元和肌糖元的形式贮存于肌肉组织中,也有少部分标记葡萄糖被吸收后经血液循环转移到鳃中,参予鳃的代谢活动。葡萄糖是动物体内的重要能源物质,在真鲷幼体生长发育旺盛,能耗较大的时期,适当供给葡萄糖是十分重要的。葡萄糖的另一种功能是参予合成真鲷幼体的非必需氨基酸。

实验结果(表3)表明,注射 ^{14}C -葡萄糖后,测得 Glu、Asp、 $(\text{Cys})_2$ 、Pro、Ser、Ala 和 Gly 带有较强的放射性,即认为真鲷幼体可以从葡萄糖合成这些氨基酸。其中 Asp、Glu、Ala 这三种氨基酸的放射性特别高。可能的原因是在动物体内,Ala 通常由糖酵解的产物——丙酮酸直接转化而合成的。糖代谢循环的中间产物如 α -酮戊二酸和草酰乙酸可作为 Glu 和 Asp 的前体。一般而言,Ala、Glu、Asp 这三种氨基酸本身的代谢强度也较高,这就意味着它们从葡萄糖合成的能力可能是很强的[沈曰英等,1990]。我们的实验结果也证明了这一点。此外, $(\text{Cys})_2$ 的放射性也较高,Glu 的大量存在使 Pro 的合成速率较快且带有较高的放射性成为可能。Ser 的合成前体是磷酸甘油酸,在葡萄糖酵解过程中产生的 3-磷酸-D-甘油酸为 Ser 的合成提供了原料,所以 Ser 的放射性也较高。

相反,注射 ^{14}C -葡萄糖后测得 Arg、Thr、Ile、Tyr、Leu、His、Lys、Val、Phe、Met 和 Trp 这 11 种氨基酸的放射性却极其微弱,尤以 Trp 为最低。因为以葡萄糖为前体合成

Trp 几乎是不可能的〔沈 同,1980〕。根据实验结果,并参考有关文献可以推论这 11 种氨基酸是真鲷幼体的必需氨基酸。必须说明的是, Tyr 在很多文献中〔何海琪,1988; Claybrook,1976〕都认为可以从 Phe 来合成,而被认为是非必需氨基酸。例如,日本学者荻野珍吉〔1987 年中译本〕就认为,鲷科鱼类的必需氨基酸只有 10 种, Tyr 不包括在内,所以在投饵配制中添加 Phe 后不加 Tyr 完全是可行的。反之, Tyr 也可代替部分 Phe。此外,有研究表明,(Cys)₂也能代替部分 Met。

必需氨基酸是动物不能自体合成的氨基酸。¹⁴C-苯丙氨酸在真鲷幼体内经胃到肠被吸收后经肝然后运到肌肉、鳃等组织器官,参予各器官的代谢活动,并成为构成这些组织细胞的主要成分之一。肌肉中的¹⁴C-苯丙氨酸约占总标记物量的一半以上。由此可见,动物体蛋白的必需氨基酸与其需求量之间有明显的关系。为了提高真鲷幼体的生长速率及保证其体蛋白含有丰富的必需氨基酸,重点应放在提高蛋白质的营养价上,亦即保证蛋白质中含有各种必需氨基酸并寻求各种必需氨基酸之间以及必需氨基酸和非必需氨基酸之间的合适比例。目前,对真鲷幼体生长理想的必需氨基酸的含量及比例尚未完全弄清,在此之前,可先参考真鲷幼体鱼蛋白中的必需氨基酸含量及比例,或者根据真鲷对饵料中必需氨基酸的需求量〔郑微云等,1993〕,来确定配合饲料的合适配方。需要指出的是,在补充不足的必需氨基酸过程中,要特别注意补充量的问题。若过量补充单一的结晶氨基酸,则会引起氨基酸的不均衡,有时还会出现阻滞生长的副作用。

本研究系中国科学院南海海洋研究所大亚湾海洋生物综合实验站资助项目。

参 考 文 献

- [1] 沈 同,1980. 生物化学,663—690. 人民教育出版社(京)。
- [2] 沈国英等,1990. 长毛对虾必需氨基酸的研究。厦门大学学报,16(3):323—327。
- [3] 何海琪,1988. 中国对虾必需氨基酸的研究。海洋与湖沼,19(4):307—312。
- [4] 郑微云等,1993. 真鲷人工配合饲料的应用效果。水产学报,17(1):73—77。
- [5] 荻野珍吉(陈国铭、黄小秋译),1987. 鱼类的营养和饲料,158—160. 海洋出版社(京)。
- [6] Claybrook, D. L., 1976. Biosynthesis of amino acids from (3-¹⁴C) pyruvate in the fiddler crab. *Comp. Biochem. Physiol.* 54B: 63—68.
- [7] Helfman, G. S., 1986. Fish behavior by day, night and twilight. In: *The behaviour of teleost fishes*. Tong T. Pitcher ed. The Johns Hopkins Univ. Press. Baltimore, Maryland. pp. 366—387.
- [8] Lshiwafa, N., 1968, Ecological studies on the feeding of fishes. V—side of fish and satiation amount. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish*, 39(9): 781—784.
- [9] Okada, X., 1965, On the feeding activity of the young sea bream *Chrysophrys major* Temminck et Schlegel in the Yellow Sea. *Ibid*, 31(12): 999—1005.
- [10] Schwassman, H. O., 1980. Biological rhythms: Their adaptive significance. In: *Environmental physiology of fishes*. M. A. Ali ed. Plenum Press. New York, pp. 613—630.

STUDIES ON THE FEEDING AND NUTRITION OF *PAGROSOMUS MAJOR* LARVAE

Zheng Weiyun, Su Yongquan, Li Wenquan, Hong Jing and Yang Boli

(Center for Environment Science Research, Xiamen University, 361005)

ABSTRACT Feeding and nutrition of *P. major* larvae were studied by diet reducing method and carbon-14 isotopic tagging technique. The results showed that feeding rhythmicity of *P. major* larvae was obviously. The feeding intensity was stronger in daytime (above 80%) than at night. Two strongest feeding periods were in the morning and at nightfall. Glucose provided energy for the growth of *P. major* larvae and was stored in liver and muscles. Amino acid was one of the important substances for the growth of *P. major* larvae and there were eleven kinds of essential amino acid for *P. major* larvae.

KEYWORDS *Pagrosomus major* larvae, feeding, nutrition, essential amino acid