

日粮水平对黑鲟幼鱼氮收支的影响*

李军 徐世宏 薛玉平[†]

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

[†](青岛教育学院 青岛 266001)

提要 于 1994 年 8—11 月进行 4 次黑鲟幼鱼摄食-生长实验,平均水温为 26.8, 24.4, 20.1 和 14.8℃,每次实验分 4 个日粮水平(停食-饱食),分别对单位体重日氮摄取、粪便氮、氮排泄和氮生长进行测定和估计。结果表明,氮收支各组分的单位体重日平均量随日粮水平的降低而减少,氮排泄、氮生长与氮摄取、氮吸收分别呈显著的线性正相关;氮收支组分以占氮摄取百分比表示时,粪便氮、氮排泄随日粮水平的降低而增加,氮生长则呈现不同的变化趋势。同时,对黑鲟幼鱼在不同的日粮水平下的氮生长效率和吸收效率进行探讨。

关键词 黑鲟 氮收支 日粮水平

学科分类号 S963.1

占据较高营养级的鱼类,主要可消化的有机物质是蛋白质及脂肪,对蛋白质的吸收和积累是鱼类营养研究的主要课题。氮作为蛋白质结构中的主要元素之一,其收支状况与蛋白质代谢过程密切相关。氮收支组分包括氮摄取、粪便氮、氮排泄、氮生长。粪便氮及氮排泄,作为鱼类的主要代谢产物,可对养殖环境产生影响;氮生长是鱼类养殖生产最关注的问题。因此,鱼类氮收支研究对于鱼类蛋白质利用、饵料转换、养殖环境保护等,都具有理论指导意义。天然环境中影响鱼类氮收支的因子,主要有日粮水平、饵料组成、温度和体重等。在养殖生产中的可操作因子是日粮水平。在生产中要求提高吸收效率、生长效率、降低饵料蛋白质含量,因此,探讨日粮水平对黑鲟氮收支的影响具有重要的实际意义。黑鲟是中国沿海重要的养殖品种,池塘养殖具有重要开发潜力,作者在进行黑鲟能量收支研究的同时,探讨黑鲟氮收支随日粮水平的变化,建立不同日粮水平下的氮收支模式,以及上述参数与日粮水平、日摄氮量的回归关系,以期优化黑鲟养殖中的饵料基础、保护养殖环境提供科学依据。

1 材料和方法

黑鲟 (*Sparus macrocephalus*) 在中国北方海区 5 月份产卵,8—11 月间是当年生黑鲟在池塘或网箱中的主要生长期,本研究为更实际地反映黑鲟的生长状况,采用环境温度实验。在 1994 年 8—11 月间,取自当年 5 月份人工培育黑鲟,共进行 4 次(体重: 6.80—60.20g)摄食生长实验。实验水体为 80L 玻璃钢水族箱,静水、充气,每日换水 2 次,每次各

*国家自然科学基金资助项目,39370542号。李军,男,出生于1964年4月,硕士,副研究员,Fax: 0086-0532-2870882

收稿日期:1996-03-21,收修改稿日期:1997-06-30

2/3 体积,实验用海水为新鲜沙滤海水 (pH = 8.0, 盐度 32)。实验分 4 个日粮水平 (停食—饱食), 每个水平分 6 个重复组, 每组 2—6 尾鱼不等, 每次实验进行 20d。饵料为玉筋鱼 (*Ammodytes personatus*), 在实验开始和结束前均停食 24h 后称体重。每次实验前留取 8 尾黑鲷作为对照; 实验后, 全部实验用鱼留样, 样品在 65℃ 恒温箱烘干, 留样备测。以同样方法留取饵料样品 4 个 (每样 30—50g) 烘干备测。实验进行期间每天上午 09:00 和下午 16:00 各投喂 1 次。投喂前, 以虹吸法吸出粪便, 烘干备测; 饵料以同样方法烘干备测。

饵料、粪便及实验鱼的含氮量是 Pekin-Elmen240 型元素分析仪测定。

根据氮收支方程: $C_N = F_N + U_N + G_N$ (Durbin *et al*, 1983) (C_N , 氮摄取; F_N , 粪便氮; U_N , 氮排泄; G_N , 氮生长), 求 $U_N = C_N - F_N - G_N$; 依据 $A_N = G_N - F_N$ (崔奕波等, 1991) 求得氮吸收 (A_N) 量。氮吸收效率为 A_N / C_N , 氮生长效率为 G_N / C_N 。

2 结果

饵料的比能值和生化组成见表 1。黑鲷幼鱼氮收支各组分的平均值及其占氮取的百分比见表 2。方差分析表明, 各日粮水平下, 氮收支各组分的平均值和占氮摄取的百分比无显著差异 ($P > 0.05$), 而在不同日粮水平下, 上述平均值和百分比均存在着显著差异 ($P < 0.05$)。氮摄取随日粮水平的降低而减小, 粪便氮在 26.8℃ 和 24.4℃ 时, 也表现出相应的变化, 在其它 2 次实验中, 每日单位体重粪便氮的最高值, 出现于亚饱和日粮水平。氮排泄和氮生长在 4 次实验中, 均表现出随日粮下降而减少的趋势。在饱和日粮水平下, 氮摄取、粪便氮、氮生长的每日单位体重平均量随水温下降和体重的增加而呈降低趋势; 氮排泄则以 24.4℃ 时为最高 [4.49mg / (g · d)]。停食状态时的单位体重氮排泄量, 在 26.8℃ 时, 实验鱼为 7.80g 时最高 [1.41mg / (g · d)]。4 次实验中的氮排泄变幅较小 [1.04 ± 0.31—1.41 ± 0.14mg / (g · d)]。黑鲷的氮吸收效率在 24.4℃, 20.1℃ 和 14.8℃ 时, 均随日粮水平降低而减小, 在 26.8℃ 时, 在亚饱和日粮水平 (6.77%) 达到最大 (84.34%)。

表1 饵料(玉筋鱼)的比能值和生化组成(平均值±标准误)

Tab.1 The energy content and biochemical composition of food fish, *Ammodytes personatus*

饵料种类	样本数	水分含量 (%)	比能值 (KJ/g)	蛋白质含量 (%)	脂肪含量 (%)
玉筋鱼	4	74.98±0.25	5.31±0.16	14.75±0.15	5.23±0.09

黑鲷幼鱼的氮收支模式随日粮水平的变化而变化, 体重及温度也对氮收支产生影响 (表 2), 在以占氮摄取百分比所表示的氮收支组分中, 氮排泄所占的比例最大, 在饱食状态下, 其变化范围为 50.20%—78.70%, 随体重增加、水温下降而呈增加趋势。氮排泄随日粮水平的变化不呈现一致的规律性, 只在 26.8℃ 和 14.8℃ 时, 呈现随日粮水平下降而增加的趋势。在氮收支组分中, 粪便氮是变化幅度最小的组分, 在最大日粮水平, 其变化范围为 11.25%—15.50%, 并且随日粮水平降低而呈增大趋势, 氮生长组分代表着氮生长效率。氮生长效率随日粮水平的下降而降低, 但在 24.4℃ 时, 氮生长效率的最高值 (35.26%) 出现在亚饱和日粮水平; 在最大日粮水平, 氮生长效率随水温和体重的变化而变化, 变化范围为 5.81% (14.8℃)—34.20% (26.8℃)。

氮生长随氮摄取和氮吸收的变化而变化, 对氮生长与氮摄取、氮吸收进行回归运算, 发现其间呈显著的直线正相关 (表 3)。

表2 不同日粮水平下黑鲟幼鱼的氮收支(平均值±标准误差)

Tab.2 The nitrogen budget of young *S. macrocephalus* at different ration level (mean±SE)

平均水温 (°C)	起始体重 (g)	实验 组数	日粮水平 (%)	氮摄取 [mg/(g·d)]				各组分平均值 [mg/(g·d)]				氮收支(%)			
				F_N	U_N	G_N	F_N	U_N	G_N	F_N	U_N	G_N			
26.8	7.71	6	7.90	7.52±0.24	3.62±0.52	2.56±0.35	1.20±0.16	3.62±0.52	2.56±0.35	15.50±0.76	50.20±2.16	34.20±2.47	15.50±0.76	50.20±2.16	34.20±2.47
	6.82	6	6.77	6.45±1.24	3.56±0.47	1.88±0.75	1.01±0.21	3.56±0.47	1.88±0.75	15.59±0.24	56.17±3.48	28.33±3.24	15.59±0.24	56.17±3.48	28.33±3.24
	7.08	6	3.39	3.24±0.21	2.31±0.34	0.19±0.21	0.75±0.05	2.31±0.34	0.19±0.21	23.03±0.19	70.94±2.89	8.08±1.92	23.03±0.19	70.94±2.89	8.08±1.92
24.4	7.80	4	0	0	1.41±0.14	-1.41±0.14	0	1.41±0.14	-1.41±0.14	—	—	—	—	—	—
	24.12	6	7.58	7.09±0.77	4.49±1.07	2.07±0.40	0.75±0.10	4.49±1.07	2.07±0.40	10.59±1.04	59.80±4.01	29.25±4.03	10.59±1.04	59.80±4.01	29.25±4.03
	20.95	6	4.07	3.80±0.59	1.55±0.38	1.34±0.11	0.53±0.14	1.55±0.38	1.34±0.11	13.95±0.54	50.79±1.83	35.26±1.94	13.95±0.54	50.79±1.83	35.26±1.94
20.1	20.43	6	2.78	2.60±0.56	1.32±0.53	0.72±0.28	0.41±0.09	1.32±0.53	0.72±0.28	15.96±0.19	50.58±0.02	27.50±2.22	15.96±0.19	50.58±0.02	27.50±2.22
	23.56	6	0	0	1.24±0.16	-1.24±0.16	0	1.24±0.16	-1.24±0.16	—	—	—	—	—	—
	37.63	6	5.64	5.27±1.26	3.25±0.97	1.44±0.20	0.59±0.12	3.25±0.97	1.44±0.20	11.25±0.32	60.81±1.72	27.95±1.55	11.25±0.32	60.81±1.72	27.95±1.55
14.8	35.97	6	4.32	4.05±0.31	2.25±0.12	0.93±0.14	0.86±0.07	2.25±0.12	0.93±0.14	21.31±0.33	55.76±0.96	22.92±0.85	21.31±0.33	55.76±0.96	22.92±0.85
	38.40	6	2.48	2.32±0.10	1.40±0.17	0.34±0.10	0.59±0.04	1.40±0.17	0.34±0.10	25.22±0.45	60.34±2.39	14.66±2.19	25.22±0.45	60.34±2.39	14.66±2.19
	40.78	6	0	0	1.04±0.11	-1.04±0.11	0	1.04±0.11	-1.04±0.11	—	—	—	—	—	—
14.8	48.52	6	3.18	2.99±0.51	2.35±0.49	0.17±0.06	0.46±0.06	2.35±0.49	0.17±0.06	15.49±0.48	78.70±1.21	5.81±1.15	15.49±0.48	78.70±1.21	5.81±1.15
	58.49	6	2.60	2.43±0.16	1.96±0.15	-0.04±0.06	0.51±0.02	1.96±0.15	-0.04±0.06	20.82±0.54	80.62±1.05	-1.44±1.25	20.82±0.54	80.62±1.05	-1.44±1.25
	51.70	6	1.57	1.47±0.11	1.42±0.29	-0.29±0.20	0.33±0.02	1.42±0.29	-0.29±0.20	22.53±0.43	96.59±5.62	-19.12±4.13	22.53±0.43	96.59±5.62	-19.12±4.13
	49.57	6	0	0	1.15±0.31	-1.15±0.31	0	1.15±0.31	-1.15±0.31	—	—	—	—	—	—

表 3 黑鲷幼鱼氮生长同氮摄取、氮吸收的回归方程

Tab.3 Regressions between nitrogen growth (G_N , mg / d) and nitrogen consumption (C_N , mg / d), nitrogen absorption (A_N , mg / d), respectively, of young *S. macrocephalus*

平均水温(°C)	$Y = a + bC_N$				$Y = a + bA_N$		
	Y	$a \pm SE$	$b \pm SE$	r	$a \pm SE$	$b \pm SE$	r
26.8	U_N	0.028 5 ± 0.003 4	0.277 5 ± 0.031 1	0.894 2	0.035 7 ± 0.004 3	0.099 2 ± 0.018 4	0.769 0
	G_N	-0.028 8 ± 0.002 9	0.522 0 ± 0.026 7	0.974 8	-0.049 0 ± 0.004 3	0.561 0 ± 0.036 3	0.960 5
24.4	U_N	0.009 6 ± 0.005 4	0.492 5 ± 0.063 0	0.857 6	0.018 3 ± 0.005 3	0.051 2 ± 0.007 8	0.813 6
	G_N	-0.013 8 ± 0.004 0	0.403 0 ± 0.047 4	0.875 8	-0.069 0 ± 0.031 1	0.407 6 ± 0.046 0	0.883 8
20.1	U_N	0.001 8 ± 0.001 4	0.580 0 ± 0.019 2	0.988 1	0.008 4 ± 0.004 1	0.043 8 ± 0.005 2	0.872 2
	G_N	-0.016 9 ± 0.001 8	0.433 0 ± 0.025 0	0.965 1	-0.162 2 ± 0.022 2	0.161 4 ± 0.028 2	0.961 2
14.8	U_N	0.019 6 ± 0.002 1	0.430 0 ± 0.508 0	0.874 5	0.021 2 ± 0.002 6	0.026 0 ± 0.004 2	0.799 6
	G_N	-0.020 4 ± 0.001 9	0.406 7 ± 0.045 7	0.884 4	-0.280 3 ± 0.027 6	0.370 5 ± 0.045 0	0.869 0

3 讨论与结语

目前,有关鱼类氮收支研究的报道主要见于草鱼、大口黑鲈及鲑鳟鱼类等(Carter *et al.*, 1992; Savitz *et al.*, 1977; Sadasivam *et al.*, 1985; Klumpp *et al.*, 1986; Porter *et al.*, 1987)。Carter等(1992)在草鱼的氮收支研究中,发现草鱼在摄食高蛋白食物时粪便氮为3.9%—6.0%(占摄取氮量),而摄食其它食物则为12.6%—18.7%; Beamish等(1984)在虹鳟摄食蛋白质、脂肪混合食物时得出相似的结果(3.8%—6.6%),而在对黑鲷氮收支的研究中,发现黑鲷的粪便氮占氮摄取的百分比较高前人的高(10.59%—15.50%)。作者认为,食物的生化组成的差别,是产生这种差异的主要原因。鱼类的氮排泄在氮收支中所占比例最大,是鱼类代谢活动的标志,草鱼的氮排泄(表示为 NH_3-N 和尿素N),占氮摄取的13.3%—56.9%(Carter *et al.*, 1992);虹鳟的为35%—47%,其它含氮排泄物为0%—10%(Beamish *et al.*, 1984);一般认为氮排泄占氮摄取的比例为28%—55%(Beamish *et al.*, 1984)。

本研究有关黑鲷的结果较高(饱食日粮水平50.20%—78.70%),这可能是由于本研究中的氮排泄是由氮收支方程导出的,再者此处的氮排泄是指总氮。Savitz(1971)和Savitz等(1977)试图以指数和直线来描述氮排泄与氮摄取的关系,发现直线能较好地反映上述关系且易于应用,在其它鱼类也发现这一直线关系。另外,大口黑鲈的氮排泄随氮吸收的增加而增加,并且二者呈显著的直线相关(Savitz *et al.*, 1977)。草鱼无论摄食水蚯蚓,还是浮萍,氮排泄与氮吸收均表示出线性正相关(崔奕波等,1991)。由表2可见,黑鲷幼鱼的氮排泄随氮摄取、氮吸收的增加而增加,并且呈显著的直线相关。

鱼类对氮的吸收随氮摄取量的增加而增加。Savitz等(1977)认为,达到较高的摄取水平时,吸收效率的增加很小。Klumpp等(1986)在对3种海鱼仔鱼的氮平衡研究中,发现在摄食率达到一定程度后,继续增大,则出现氮吸收效率的下降。目前由于有关这方面的研究报道较少,尚未呈现规律性。在本研究中,黑鲷幼鱼在24.4°C, 20.1°C和14.8°C时,随摄氮量的增加,氮吸收效率随之上升,在26.8°C时,在亚饱和和日粮水平,即达到最高;在饱食状态,吸收效率甚至下降。

Carter等(1992)认为鱼类的氮生长与氮摄取的关系是一减速增长曲线,氮生长效率随

日粮水平的变化而变化,在最适日粮水平达到最高值;然而在有些鱼中,氮生长与氮摄取呈现直线关系(Gerking, 1971; Birkett, 1969),发现氮生长与氮摄取的关系受蛋白质质量的影响,只有高生物质量的蛋白质饵料,才导致直线回归,否则产生指数曲线。在本研究中,黑鲟的氮生长与氮摄取、氮吸收均呈显著的直线相关。

氮生长效率是衡量鱼类对蛋白质利用的重要指标,影响氮生长效率的因子很多,主要有体重、摄食率和食物的蛋白质含量及其氨基酸组成等。Jobling 等(1983)发现,当增加蛋白质水平时,会使氮生长效率降低。他们认为,在高蛋白质水平下,鱼类会利用部分蛋白质用作代谢能源,从而降低生长效率值。Rychly(1980)发现,虹鳟的氮生长效率随食物的蛋白质含量由 32% 增至 58% 时而由 55% 增至 65%,但当食物继续增至 74% 时,氮生长效率不再增加。Gerking(1971)在对 *Lepomis macrochirus* 的体重对氮生长的研究中,发现随着体重的增长,最大蛋白质转化效率从 14g 鱼的 39% 降低至 85g 的 10%,这是由于随着鱼体的增大,对食物的蛋白质需求水平降低所致。Carter 等(1992)认为,鱼类氮生长效率受食物营养组成的影响最大,高质量的合成饵料,可使鱼类的氮生长效率达到 50% 以上。本研究中所用的饵料(玉筋鱼)蛋白质含量达 58.97%(干重),在饱食状态下,黑鲟幼鱼的生长效率为 5.81%—34.20%,值偏低,这可能与本研究中食物蛋白质含量较高有关。

致谢: 承蒙杨纪明、崔奕波二位研究员悉心指导,谨志谢忱。

参 考 文 献

- 崔奕波等, 1991. 摄食动物性饵料与摄食植物性饵料的草鱼幼鱼氮收支的比较. 自然科学进展-国家重点实验室通讯, 5: 449—451
- Beamish F W H, Thomas E, 1984. Effects of dietary protein and lipid on nitrogen losses in rainbow trout. *Aquaculture*, 41:359—371
- Birkett L, 1969. The nitrogen balance in plaice, sole and perch. *J Exp Biol*, 50:375—386
- Carter C G, Brafield A E, 1992. The bioenergetics of grass carp, *Ctenopharyngodon idella*: the influence of body weight, ration and dietary composition on nitrogenous excretion. *J Fish Biol*, 41:533—543
- Durbin E G, Durbin A G, 1983. Energy and nitrogen budgets for the Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*, a filter-feeding planktivore. *Fish Bull NOAA*, 8:177—199
- Gerking S D, 1971. Influence of rate of feeding and body weight on protein metabolism of bluegill sunfish. *Physiol Zool*, 44:9—19
- Jobling M, Wandsvik A, 1983. Growth studies with fish—overcoming the problem of size variation. *J fish Biol*, 22:705—712
- Klumpp D W, Von Westernhagen H, 1986. Nitrogen balance in marine fish larvae: influence of developmental stage and prey density. *Mar Biol*, 93:189—199
- Porter C B, Krom M D, 1987. Ammonia excretion and total N budget for gilthead seabream and its effect on water quality conditions. *Aquaculture*, 66:287—297
- Rychly J, 1980. Nitrogen balance in trout II. nitrogen excretion and retention after feeding diets with varying protein and carbohydrate levels. *Aquaculture*, 20:343—350
- Sadasivam J K, Teles A O, 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, 50:89—101
- Savitz J, 1971. Nitrogen excretion and protein consumption of bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *J Fish Res Board Can*, 28:449—451

Savitz J, Albanese E, Evinger M J et al, 1977. Effect of ration level on nitrogen excretion, nitrogen retention and efficiency of nitrogen utilization for growth in large mouth bass (*Micropterus salmoides*). J Fish Biol, 11:185—192

EFFECT OF RATION LEVELS ON NITROGEN BUDGET IN JUVENILE BLACK PORGY (*SPARUS MACROCEPHALUS*)

LI Jun, XU Shi-hong, XUE Yu-ping[†]

(Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

[†](Qingdao Education College, Qingdao, 266071)

Abstract Four feeding-growth experiments on juvenile black porgy (*Sparus macrocephalus*) were carried out during August—November in 1994 at a mean seawater temperature of 26.8°C, 24.4°C, 20.1°C and 14.8°C, respectively. The fish, reared in 80l aquarium (pH = 8.0, salinity = 32), were fed *Ammodytes personatus* at 4 ration levels from starvation to *ad libitum*. The nitrogen intake, faeces and retention were measured and the nitrogen excretion were calculated using the nitrogen balance equation ($C_N = F_N + U_N + G_N$). The nitrogen intake [mg / (g · d)] increased with ration levels (%). Nitrogen faeces [mg / (g · d)] also increased with ration levels at 26.8°C and 24.4°C, but a maximum appeared in the second highest ration levels at 20.1°C and 14.8°C. The relationships between the nitrogen excretion and ration levels are similar to those between nitrogen intake and ration levels. At the maximum ration, nitrogen intake, faeces and retention [mg / (g · d)] decreased with decreasing temperature and increasing body weight. At starvation the nitrogen excretion [mg / (g · d)] changed a little and ranged 1.04—1.41 mg / (g · d).

The nitrogen budget for the black porgy changed with ration levels. The nitrogen excretions as percentage of nitrogen intake are the highest among the components in the nitrogen balance equation. At the maximum rations the nitrogen excretion decreased with decreasing temperature and increasing body weight. The nitrogen excretion (% nitrogen intake) was positively correlated with ration levels at 26.8°C and 14.8°C. The nitrogen retention (% nitrogen intake) efficiency decreased with decreasing ration levels, but a maximum appeared at 4.07% of ration level, not the maximum ration, at 24.4°C. At the maximum ration, the nitrogen retention efficiencies changed in the range of 5.81%—34.20%. The nitrogen retention (mg / d) was positively correlated to nitrogen intake (mg / d) and nitrogen absorption (mg / d).

Key words *Sparus macrocephalus* Nitrogen budget Ration level

Subject classification number S963.1