

饵料中蛋白质、脂肪和能量的含量 对大菱鲆生长的影响

P. J. Bromley

鱼对蛋白质的需要量比禽畜高得多。这可能因为鱼是变温动物，与恒温动物不同，鱼不能利用饵料中非蛋白物质的能源产生热量。正由于这样，如果饵料中蛋白质含量太高，过量的蛋白质就会发生分解代谢作为鱼生长过程中能量需要，结果饵料的蛋白质转换效率就下降。

节省饵料蛋白质的方法是利用能量高的化合物(例如脂肪)代替发生分解代谢部分的蛋白质。可是，饵料脂含量高通常会导致鱼体内含脂量增高，而且也导致脂肪酸的成分与饵料脂肪成分相类似可能也会抑制鱼的生长。脂肪能提高饵料蛋白质转换率，节省蛋白质，但必须防止任何不利条件的可能出现。

本文介绍了用能量相同的，而蛋白质和脂肪含量不同的饵料饲养稚大菱鲆的试验情况。目的是测定脂肪对饵料蛋白质节省的程

度，以及对大菱鲆的生长和成分有什么影响。研究所得的资料，将使人工饵料配制的成分适于鱼的营养之需。

材 料 与 方 法

大菱鲆从刚孵化的仔鱼开始饲养，投喂活饵，而稚鱼阶段用绞碎的冰冻鳕鱼投喂。饲养3个月体重达2—4克，此时将其分放在16个水槽中，每槽放5尾。另外取10尾鱼用MS₂₂₂麻醉致死，低温冷冻，作为化学分析用。其余30天后，再杀死进行分析。

试验用的玻璃纤维水槽为灰色，其体积是60×45×15立方厘米。试验用水是18℃新鲜海水，通过水管流入水槽并进行充气。每天12小时光照，倘若无自然光，就采用荧光灯照射。

每10天对每尾鱼测量一次。测量时用海

表 1 饵 料 成 分

成 分	饵 料			
	A	B	C	D
挪威鳕鱼 (%)	95	92	89	86
鳕鱼肝油 (%)	0	1.5	3.0	4.5
豆 油 (%)	0	1.5	3.0	4.5
粘 合 剂* (%)	5	5	5	5
营 养 含 量				
蛋 白 质 (%)	16.0	15.0	15.5	14.5
能 量 (千卡/克)	0.95	1.19	1.43	1.67
蛋白质能量** (%)	95	73	95	49
非蛋白质能量*** (%) (脂肪)	5	27	41	51
蛋白·热量比 (毫克蛋白/千卡)	168	130	105	87

* 羟甲基纤维素的能量，鱼类不能利用

** 蛋白质能量 = (蛋白质能 + 总能) × 100

*** 非蛋白质能量 = (脂肪能 + 总能) × 100

绵吸去鱼体表面多余的水分,称重精确到0.01克。长度测量为鱼的全长(吻端至尾鳍末端),精确到0.1厘米。

试验用的4个饵料配方列于表1。绞碎的冰冻挪威鲑鱼肉作为饵料蛋白质成分。以等量的鲑鱼肝油和豆油混合物作脂肪成分。挪威鲑鱼含有0.5%脂肪,可满足大菱鲆必要的脂肪酸之需。饵料蛋白·热量比为87—168(毫克蛋白质/千卡);蛋白质提供能量为总能量的49—95%,其余部分能量由脂肪供给。每种饵料以4个比率投喂,共为16个处理方法。依照每克鱼每天需20、50、100和150卡热量投喂。从试验开始每10天作为一个生长阶段比较鱼的重量。因投喂量相同,因此鱼获得的能量是相似的。但其蛋白质和脂肪的量是不同的。这是取决于饵料的成分。在最高投喂量的情况下,每天喂鱼两次,未吃完的部分取出同时称重,计算消耗量。在其他情况下每天喂1次。

鱼所含的能量利用Phillipson微型弹性热量计测定,氮利用Colman氮分析仪测定。分析的样品一式取3份,于60℃真空干燥后

进行分析。分析结果以湿重表示。蛋白质和脂肪的量利用分析出的近似值(常数)计算(蛋白质=氮 $\times$ 16%=5.65千卡/克,脂肪=9.3千卡/克),假定非蛋白质的能量主要是脂肪。

试验结果

投喂与生长

投喂与生长的材料已总结于表2和表3中。最低的投喂量(20卡/克·日)恰好接近于维持量。最高的投喂量(150卡/克·日)超过了消耗量(135—138卡/克),这是饱食测定的。并且表示出不论饵料成分如何,各组鱼能量吸取基本是相同的。大菱鲆以蛋白质含量最高的饵料投喂时,蛋白质消耗量比那些以蛋白质含量低而含脂量高的饵料高两倍。

大菱鲆生长确实与投喂量有关(图1)。鱼的生长与饵料成分之间相互关系(表4)表明,含脂量高的饵料在提供大菱鲆所需要的维持量方面,其效果至少相等于或有时可能超过含蛋白质高的饵料。以中量和过量投

表2 大菱鲆的重量、长度和肥满度

水槽编号	饵料	日能吸取量 (卡/克·日)	试 验 初			试 验 末		
			平均重量(克)	平均长度(厘米)	平均肥满度*	平均重量(克)	平均长度(厘米)	平均肥满度*
1	A	20	2.66	5.80	1.32	2.55	5.90	1.19
2	A	50	2.43	5.72	1.27	3.73	6.42	1.37
3	A	100	2.59	5.88	1.26	6.58	7.46	1.56
4	A	137	2.70	5.76	1.37	8.39	7.70	1.82
5	B	20	2.58	5.78	1.30	2.64	5.96	1.22
6	B	50	2.79	6.02	1.27	4.04	6.72	1.33
7	B	100	3.02	6.02	1.37	7.29	7.50	1.72
8	B	133	3.07	6.08	1.36	8.15	7.70	1.77
9	C	20	2.74	5.90	1.32	2.84	6.16	1.20
10	C	50	2.86	5.96	1.32	4.03	6.64	1.37
11	C	100	2.67	5.88	1.30	5.75	7.20	1.50
12	C	135	2.90	6.00	1.34	7.12	7.08	1.96
13	D	20	2.94	5.96	1.36	3.06	6.18	1.28
14	D	50	2.87	5.92	1.36	3.85	7.62	1.36
15	D	100	2.76	5.92	1.32	5.08	7.00	1.48
16	D	138	3.07	6.08	1.36	6.84	7.18	1.86

* 鱼的重量除以长度立方 $\times$ 100

表3 大菱鲆的投喂量与饵料转换率

水槽 编号	总的蛋白质吸 取量(克/鱼)	总的能量吸取 量(千卡/鱼)	蛋白质转换 效率*(%)	能量转换效 率**(%)
1	0.26	1.52	/	/
2	0.70	4.17	29	31
3	1.92	11.43	32	36
4	3.07	18.24	29	32
5	0.22	1.68	/	/
6	0.62	4.74	31	33
7	1.74	13.33	37	36
8	2.44	18.72	30	33
9	0.18	1.74	/	/
10	0.53	5.05	34	30
11	1.17	11.12	42	38
12	1.88	17.90	32	26
13	0.17	1.94	/	/
14	0.46	5.33	32	29
15	0.98	11.27	38	32
16	1.52	17.52	30	25

* (鱼的蛋白质贮藏量 + 蛋白质吸取量) × 100

** (鱼的能量贮藏量 + 能量吸取量) × 100

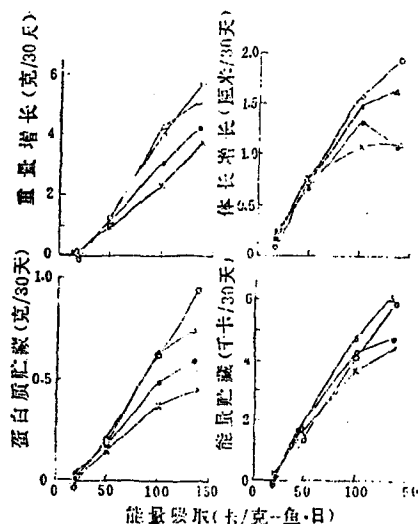


图1 大菱鲆能量的吸取及其生长之间的相关关系

○—饵料A, 饵料天然脂肪含量为0.5%

△—饵料B, 添加3%脂肪

●—饵料C, 添加6%脂肪

×—饵料D, 添加9%脂肪

表4

在能量吸取的各种水平上, 饵料蛋白·热量比与下列几方面

之间关系: ①重量增长; ②长度增长; ③蛋白质贮藏; ④能量贮藏

能量吸取 (卡/克·日)	重量增长		长度增长		蛋白质贮藏		能量贮藏	
	r	p	r	p	r	p	r	p
20	-0.97	0.01	-0.90	0.05	-0.58	ns	-0.99	0.001
50	0.90	0.05	-0.51	ns	0.90	0.05	-0.84	ns
100	0.82	ns	0.94	0.02	0.84	ns	0.36	ns
133—138	0.99	0.01	0.96	0.01	0.99	0.001	0.84	ns

ns = 不显著, $p \leq 0.05$

喂, 含脂量高的饵料会抑制大菱鲆的生长, 同时也会导致鱼的蛋白质贮藏量下降, 而脂肪贮藏量随着增加。就能量方面来说, 脂肪增加有助于补偿。蛋白质贮藏量下降最后的结果取得能量平衡, 即在生长期间, 总的能量吸取和总贮藏能量之间的相关关系不会明显受到饵料中蛋白质与脂肪比值的影响。

试验结束时大菱鲆的肥满度与投喂量关系很大($r = 0.97$, $p < 0.001$), 但不受饵料成分影响($F = 0.12$, $P > 0.02$)。

鱼的成分

鱼在生长期间贮藏物的蛋白·热量比列于表5中。贮藏物的蛋白·热量比与投喂饵

料的蛋白·热量比($r = 0.96$, $p < 0.001$)关系密切。这种关系如图2a所示。大菱鲆在生长期间对于物质成分贮藏处理能力显然是很小的, 因此, 鱼体内的蛋白质和脂肪贮藏的比例很类似于饵料中蛋白质和脂肪的比例, 如图2b所示。在消耗量超过50卡/克·日至过量时, 这种关系不受到其投喂量影响(表2)。

在生长期间, 由于贮藏物成分的变化, 试验结束时导致大菱鲆相关成分的改变(表3)。蛋白质含量为12.6—15.1%, 可是与饵料成分的任何投喂量没有很大关系(表2)。含脂量为0.5—3.2%, 而且投喂量和饵料成

表 5

鱼(全鱼)的成分和在生长期间贮藏物质的蛋白·热量比

水槽编号	饵料	全 鱼					贮藏物质 蛋白·热量比 (毫克蛋白质/千卡)
		能 量 (千卡/克)	蛋白质(%)	脂肪(%)	干物质(%)	水分(%)	
1	A	0.79	12.6	1.1	13.8	80.2	/
2	A	0.89	11.2	1.1	21.1	78	135
3	A	0.95	11.7	1.3	21.4	78.6	150
4	A	0.97	13.1	1.3	21.8	78.2	153
5	B	0.81	13.5	0.7	20.6	79.4	/
6	B	0.96	11.1	1.8	21.9	78.1	124
7	B	1.09	11.3	2.0	21.6	78.4	133
8	B	1.05	11.2	2.6	21.2	78.8	122
9	C	0.83	13.9	0.5	20.1	79.9	/
10	C	0.97	11.0	2.0	22.0	78.0	116
11	C	1.13	11.7	2.9	22.7	77.3	111
12	C	0.99	13.8	2.3	20.3	79.7	127
13	D	0.80	12.6	1.2	19.3	80.7	/
14	D	1.02	13.9	2.1	21.8	78.2	95
15	D	1.17	11.6	3.2	22.9	77.1	101
16	D	1.02	12.6	3.0	20.2	79.8	101
试验前的鱼		0.83	13.5	0.8	19.3	80.4	/

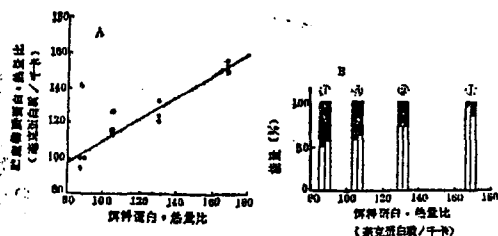


图 2 在生长期中, 饵料的成分与贮藏物之间的相互关系

■ 脂肪 □ 蛋白质

- ① 饵料A贮藏物 ② 饵料B贮藏物 ③ 饵料C贮藏物
④ 饵料D贮藏物

分两者间有明显关系(表 2)。在用含脂量高的饵料, 投喂量最高时, 鱼的含脂量最高。鱼能量的含量也是与投喂量($r=0.96$, $p<0.001$)关系很大, 但不受饵料成分影响。

饵料转换效率

表 3 中所示的大菱鲆的蛋白质和能量转换率是以高于维持量投喂的。饵料转换率受投喂量影响较大(表 2)。如果每天每克鱼以 100 卡的量投喂, 饵料转换率非常高, 但高于或低于这一投喂量, 饵料转换率都稍有下降。饵料的成分对于能量转换率没有显著影响, 但对蛋白质转换效率有影响(表 2)。大

菱鲆喂饵料 C(该饵料添加 60% 脂肪), 饵料蛋白质 42% 转换成鱼蛋白质。与之比较, 饵料 A(脂肪含量 0.5%) 的转换率仅为 32%。这表明由饵料添加的脂肪约节省了 1/3 饵料蛋白质(这部分蛋白质被代谢分解产生热能)。过量的投喂, 饵料蛋白质转换率为 29—32% 之间。而由脂肪节省的任何蛋白质是

表 6 以两种方差分析的一系列

结果确定能量摄取和饵料蛋白·热量比对下列几方面的影响: (a) 大菱鲆成分; (b) 在生长期中贮藏物蛋白·热量比; (c) 饵料转换效率

	能量摄取		饵料蛋白·热量比	
	F	P	F	P
(a) 鱼的成分				
(1) 能量含量(千卡/克)	19.53	<0.005	2.97	ns
(2) 蛋白质含量(%)	3.76	ns	1.24	ns
(3) 脂肪含量(%)	8.99	0.025	5.08	0.025
(b) 贮藏物蛋白·热量比	0.34	ns	18.73	<0.005
(c) 饵料转换效率				
(1) 蛋白质转换效率	24.18	<0.005	7.90	0.025
(2) 能量转换效率	9.42	0.025	3.39	ns

ns = 不显著, $P \leq 0.05$

有限度的。当用6%以上至9%的脂肪添加的饵料投喂时,在蛋白质转换效率方面得不到进一步的提高。

讨 论

用脂肪代替饵料中多余的蛋白质,饵料蛋白质约可节省1/3。各种饵料每天每克鱼以100卡能量投喂,饵料转换效率是非常高的,而以此量投喂,饵料中脂肪产生了节省大量蛋白质作用。饵料以6%脂肪添加(鳕鱼肝油和豆油各50:50混合物),蛋白质转换效率从32%增加到42%。当脂肪添加量增至9%时,起不到额外的节省蛋白质作用。这可能是因为其他营养的限制(例如必需氨基酸),妨碍了蛋白质的进一步节省。

饵料过量投喂,各种饵料转换效率一般是下降的,于是由脂肪代替节省蛋白质是有限制的。可能由于这样的原因:如代谢效率低,一部分鱼对差的饵料吸收效率差,或是投喂时造成部分浪费。鱼喂得过饱,有时会把饵料吐出,有时饵料碎屑残留水中。这可能导致未吃完的饵料未被完全收集,结果对利用的饵料估计过高,因此转换率计算偏低。

脂肪节省蛋白质的主要作用——是代替分解代谢部分的蛋白质;也可能代替用于合成脂肪部分的蛋白质。在鱼类中由脂肪节省蛋白质是普遍的,这些试验的投喂量在大多数情况下是没有控制的。如果象大菱鲆这样的情况,蛋白质转换率受投喂量影响,那么由于投喂量的变化,某些蛋白质节省可认为是脂肪的作用,也可能与不同投喂量引起饵料转换率的变化混淆起来。特别是所用填充剂的量不同与成分不同会影响所比较饵料的被利用程度。

以含脂量高的饵料喂养大菱鲆,脂肪有积累趋势。这样脂肪在节省蛋白质方面不能够直接起作用。可是在饵料不足的时候大菱鲆能够有效地利用含脂量高的饵料而满足其维持生长的需要。在其他鱼类中用含脂量高

的饵料喂养,脂肪积累已被证实,而积累的脂肪酸成分与饵料成分相类似。

饵料成分对能的转换效率没有显著影响。换言之,鱼体中能量贮藏总量取决于能量的吸取,而不受饵料中蛋白质和脂肪比的影响。蛋白质含量高的饵料主要是以蛋白质形式贮藏能量;含脂量高的饵料以蛋白质形式贮藏的能量较小,而以脂肪的贮藏相应地更大些。脂肪以浓缩的形式贮藏,而蛋白质溶于水贮藏于细胞质里。以蛋白质形式贮藏一个单位的能量需要相当于脂肪参与贮藏类似能量的8倍。所以蛋白质含量高的饵料贮藏能的总量是相同的,这也就解释了为什么以含脂量高的饵料喂养时鱼的体重增长会减少。在长度生长方面,涉及到鱼体中蛋白质混合数量比,以含脂量高的饵料喂养的鱼其脂肪贮藏的可能性较大,因此其体长生长便下降。

对于蛋白质含量低而含脂量高的饵料,增加其蛋白质混合量,鱼的摄食量会增大。可是,大菱鲆在过量投喂的情况下,各种饵料能量消耗量是很相似的(135—138卡/克·日)。由此看来,摄食量似乎是取决于饵料能量的量而不是饵料的蛋白质量。Lee和Putnam(1973)与Page和Andrews(1973)研究其他鱼种时也得出了相似的结论。上述在投喂饵料方面的限制,可能是鱼的代谢率有限的结果,即使在添加的饵料都被吃光的情况下,代谢率也不会超过此限度。

肥满度高通常认为是由能量贮藏引起的。大菱鲆在各种饵料投喂量高的情况下肥满度高,即使以含脂量低的饵料喂养,其积累物主要是蛋白质;以含脂量高的饵料喂养则大量脂肪积累起来。这可能是大菱鲆能够利用蛋白质和脂肪两者作为能源贮藏。这是可能的,因为大菱鲆排泄物为氨,这些氨不是必要的物质能,随尿素和尿酸排出体外。

研究结果表明,大菱鲆对蛋白质含量高的饵料利用效果好。大菱鲆能使脂肪产生分

解代谢节省蛋白质,但效果不很显著。在生长期,这种将贮藏的蛋白质和脂肪很好地等同地用作能源的能力,这就说明了为什么在鱼体中蛋白质和脂肪比无需调节,而为什么这种比例可不受投喂量影响。这种比例可能完全与饵料成分有关系,同时受其影响很大。能的吸取和内在能量之间关系的稳定,使鱼体中能量转换效率达到最大限度,而代谢率降到最小限度。这是允许从一系列的食物中(蛋白质与脂肪的各种不同比例)取得最

大的能量。这种目的与养殖鱼有些不同,如果需要在能量转换率中减少消耗,目的是使生长和蛋白质转换率达最高值。饵料中增加脂肪物质,目的是为了积累蛋白质,结果由于大菱鲂生长较差和脂肪含量增加,因此,实际应用受到限制。

(廖朝兴译自“Aquaculture”,

1980, Vol, 19, No: 4.

仇潜如 校)

饵 料 添 加 物*

国家水产总局长江水产研究所 周汉书

在鱼类饵料中,添加一定量物质的结果,不但鱼体外形发生变化,而且体内组织也发生一系列生理学和生物化学的变化。人们已开始利用这些有利的变化于水产养殖。

一、激 素

在畜牧业应用性激素很成功,不但提高了牲畜的生长速度和蛋白质合成,而且还提高了饵料利用率,降低生产成本。

在水产生产中对应用性激素重视不够。Clemes和Inslee(1968), Chan等(1972), Takahashi(1975)分别研究了鱼类对甾族化合物性激素的反应,但主要局限于性逆转或引起不育的尝试。近几年来,有些报道中讨论了人工合成的甾族化合物作为养殖鱼类的生长刺激剂。Hirose和Hibiya(1968)发现用低剂量的4-氯甾酮注射鲫鱼和虹鳟,鱼的体重明显增加,但应用高剂量时,鱼体生长反而减慢,并引起肝、肾过分肥大,性腺发育受到抑制。Hutchinson和Campbell(1964)曾用黑边罗非鱼作实验,口服Ethylestrenol,使体重稍增,然而Simpson等(1974)用虹鳟和幼蛙作实验,投喂添加这种激素的饵料,

生长明显加速,而且提高了饵料转换率。Fagerlund(1979)在每公斤湿饵中添加1毫克 17α -甲基甾酮,培养银大麻哈鱼鱼苗,与同样条件下不添加上述的对照组比较,生长加速,饵料利用率提高,鱼卵生命力和后代性腺结构都正常。Recently Katz等(1976)用雄甾酮对尼罗罗非鱼进行试验,结果是鱼生长加速,但性腺退化。

除了试用雄性激素类似物外,对雌性激素应用在水产养殖中的可能性也进行了研究。Ashby(1957)报告了刚孵出的虹鳟仔鱼,当用孕甾酮(50—100微克/升)处理时,与对照组相比,其长度生长较快,而用雌二醇则使生长减慢。己烯雌酚(DES)是一种合成物,具有雌性激素的性能, Ghittino(1970)在100公斤饵料中添加5毫克与50毫克投喂虹鳟,对生长有抑制作用; Cowey等(1973)应用低剂量的DES(0.6, 1.2, 2.4毫克/公斤湿饵或1.2—5毫克/公斤干饵)对太平洋拟鲷进行试验,发现用最低剂量时,生长明显增加,用较高一些的剂量,生长受到轻微抑制; Bulkley(1972)用DES(剂量为0.1, 1.0, 10毫克/公斤饵料)对斑点叉尾鲷进行

* 本文承国家水产总局长江水产研究所朱林庚副研究员审阅,致谢一作者

