

杂交罗非鱼

(*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*)

幼鱼生长的最佳食用脂肪量

Ben-Shon Chon et. al.

一、引言

蛋白质占去了成品饲料的很大一部分成本。它的利用一直是罗非鱼营养需要研究的重点。蛋白质应该用于鱼的成长而不是做为能源。使用非蛋白营养如脂肪或碳水化合物用来节约蛋白质的知识是需要的并应用于减少饲料成本和最大限度地保留氮。

曾报导过罗非鱼(*Tilapia zillii*)可以用碳水化合物和脂肪做能源(El-Sayed and Garling, 1988)。在罗非鱼的脂肪营养方面几乎没有现成的资料。罗非鱼似乎需要 n—6 脂肪酸。Kanazawa et al. (1980) 报导过罗非鱼(*T. zillii*)需要亚油酸系列的脂肪酸。对罗非鱼(*T. zillii*)的研究指出食用脂肪增加到15%可对蛋白质效率(PER)和蛋白产值(PPV)有明显的改善,在罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)上的相似的结果曾被 Teshima et al. (1985) 报导过。最近, Hanley (1991) 指出罗非鱼可把脂肪贮存于它们的躯体和内脏中,虽然量很大但不能利用这种能源来增进生长。可是这研究是在室外进行的,作者指出自然的产出可能影响结果。

没有现成的资料可做为罗非鱼生长中食用脂肪效果的参考。这次研究的目的是要确定罗非鱼(*O. niloticus* × *O. aureus*)的最佳食物脂肪量;实验是在相同卡路里和相同营养及受控环境下进行。

二、材料和方法

1. 材料准备:

酪蛋白提供30%的食用蛋白源。5种含有0%到20%脂肪,以5%脂肪含量做间隔的饲料制备出来(玉米油/鱼肝油/猪油, 1:1:1)。表1列出了饲料的组成和近似分析。饲料用调节淀粉和纤维素含量的方法来使卡路里数相同。罗非鱼的能量代谢值是不清楚的。在这次研究计算中使用的估计值为:蛋白质: 4.5大卡/克, 碳水化合物: 3.49大卡/克, 脂肪: 8.51大卡/克。饲料的准备和管理象以前描述的一样 (Shiau et al., 1988)。

2. 实验步骤:

雄的杂交罗非鱼来自台湾远东育种场,鱼运到后放入塑料桶中(74(宽)×95(长)×45(高)cm³),供给充气的循环水并喂以成品配合饲料使之能适应实验室条件。商品饵料的大数组成如下:温度: 9.9%;粗蛋白: 50.52%;醚萃取物: 6.51%;灰分:

15.46%；天然纤维：2.41%。

表1. 实验用饵料的组成和近似分析 (%)

成 份	食用脂肪 (%)				
	0	5	10	15	20
酪蛋白	35	35	35	35	35
淀 粉	54.5	42	29.5	17	4.5
脂 肪	0	5	10	15	20
复合维生素	2	2	2	2	2
复合矿物质	5	5	5	5	5
羧甲基纤维素	3	3	3	3	3
纤维素	1.0	8.0	15.5	23	30.5
代谢能量	320	320	320	320	320
P/E 比率 (mg kcal ⁻¹)	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8
近似分析					
水 分	15.4	14.5	13.8	12.6	11.4
粗蛋白	29.1	29.6	29.2	29.2	29.1
粗脂肪	0	4.6	11.6	15.0	20.6
灰 份	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0

在实验的开始共使用十四个玻璃水族箱，每个水族箱宽：30.5cm，长：61.0cm，高：55.5cm。每个水族箱放进14条平均重量 1.34 ± 0.20 g 的鱼。每种实验饵料投喂3个水族箱的鱼。每个水族箱是封闭的用普通水池作水源循环水系统一部分；其水温保持在 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 。水通过两个分开的生物过滤器以每分钟2升的速度进行循环，生物过滤器可以除去杂质和降低氨的浓度。水质、培养系统的操作和鱼的管理已在先前描述过。

每天的投喂量是鱼体重的5%。这个量相当接近驯化期罗非鱼每日最大配给量。每日投喂两次，8:00一次，17:00第二次共喂8个星期。每两个星期称重一次并且据此调整饵料量。

3. 生长情况：

在投喂实验结束时，对鱼进行称重并获得重量增加百分数的数据。饵料转化率 (FCR)，蛋白效率 (PER) 和蛋白积存 (PD, %)。FCR, PER 和 PD 计算方法如下：

$$\text{FCR} = \text{总摄食量 (克)} / (\text{最后体重} - \text{最初体重}) (\text{克})$$

$$\text{PER} = (\text{最后体重} - \text{最初体重}) (\text{克}) / \text{总的蛋白摄食量 (克)}$$

$$\text{PD} (\%) = 100 \times (\text{最后体重} \times \text{最后体内蛋白} - \text{最初体重} \times \text{最初体内蛋白}) / \text{总摄食量} \times \text{饵料蛋白}$$

在实验结束时从每个水族箱中随意取出7条鱼，冻干，身体的粗蛋白，脂肪，水份和灰分根据 AOAC 方法来测定。

AOAC (官办分析化学家协会, 1984)

4. 酶试验：

有一天在称重后5条鱼从水族箱中取出用童先生和箫先生描述的方法杀死。肝取出集中起来后做酶试验用。肝样的准备用以前研究使用的相同办法 (邵和沈, 1992)。根据 Nagayama et al. (1972) 描述的方法测定了磷酸葡萄糖酸脱氢酶和葡萄糖—六—磷酸脱氢

酶。用许先生和 Lardy 的方法检定了苹果酸酶。蛋白质的含量用 Lowry 方法 (Lowry et al., 1951) 进行了测定。

5. 统计分析:

所有数据都用同一种方差分析法。(SAS/PC 统计软件, SAS 公司)。当方差值是显著性差异时就以 Duncan 新多重范围测试法来进行。对每组在 5% ($P < 0.05$) 时为显著性差异。

三、结果

表2中列出了鱼重量的增加, 转化率 (FCR), 蛋白质效率 (PER) 和蛋白的积累。这些鱼被喂给不同的饵料。经过两个星期, 喂含脂肪饵料的鱼比喂不含脂肪饵料的鱼重量明显增加的多 ($P < 0.05$)。在喂含脂肪饲料的鱼中, 喂5%、10%或15%脂肪饵料的鱼增重较大。而喂20%脂肪饲料的鱼增重较小。在最高和最低组之间的差异是明显的。PER 和 PD 有同样增重的趋势。喂含脂肪饵料鱼的 FCR 高于对照组鱼的 FCR。($P < 0.05$)

表2. 饲喂实验甲饵料八周后杂交罗非鱼的增重 (%), 饵料转化率 (FCR),

蛋白效率 (PER) 和蛋白积累的平均值及偏差

	食用脂肪 (%)				
	0	5	10	15	20
初重量 (克)	1.36 ± 0.02	1.37 ± 0.03	1.35 ± 0.01	1.33 ± 0.03	1.31 ± 0.04
最后重量 (克)	2.64 ± 0.19	4.42 ± 0.19	4.52 ± 0.24	4.34 ± 0.45	3.83 ± 0.12
增重百分数 (%)	94.12 ± 8.50 ^a	222.63 ± 5.33 ^{bc}	234.81 ± 23.0 ^c	226.32 ± 14.0 ^c	192.37 ± 2.0 ^c
FCR	3.79 ± 0.39 ^b	1.78 ± 0.02 ^a	1.64 ± 0.10 ^a	1.80 ± 0.12 ^a	2.00 ± 0.14 ^b
PER	0.91 ± 0.10 ^a	1.90 ± 0.02 ^{bc}	2.10 ± 0.12 ^c	1.91 ± 0.12 ^{bc}	1.73 ± 0.12 ^b
蛋白积累 (%)	6.99 ± 0.70 ^a	17.80 ± 0.83 ^c	18.75 ± 1.35 ^c	18.44 ± 2.18 ^c	13.59 ± 0.79 ^b

1. 在数值右上方有相同字符的其偏差不超过5%。数据采用平均正负偏差表示 ($n=3$)。

体内脂肪和水份显著受饵料处理的影响。体内脂肪以喂含20%脂肪饵料的鱼最高, 依次下降为喂15%, 10%, 5%和对照组的鱼。在20%组, 15%和10%组及5%和对照组三部分之间的差异很大。鱼中的水分含量可被分成三组重叠的部分, 最高的是不含脂肪和含10%脂肪饲料组; 中间的是含15%和20%脂肪的一组, 最低的是含5%脂肪的一组。它们之间的差异是很明显的。

表3. 投喂实验饵料8周后的杂交罗非鱼的身体组成 (%)^{1,2}

	饵料脂肪 (%)				
	0	5	10	15	20
水份	79.50 ± 1.12 ^c	79.14 ± 0.26 ^{bc}	79.6 ± 0.42 ^c	77.71 ± 0.49 ^a	78.40 ± 0.23 ^{ab}
粗蛋白	12.67 ± 0.35	12.81 ± 0.40	12.56 ± 1.06	13.32 ± 0.30	12.08 ± 0.47
粗脂肪	2.05 ± 0.36 ^a	2.39 ± 0.41 ^a	3.56 ± 0.42 ^b	8.84 ± 0.40 ^b	4.54 ± 0.17 ^a
灰分	3.89 ± 0.62	3.06 ± 0.06	2.89 ± 0.14	3.15 ± 0.19	2.93 ± 0.31

1. 鱼体的原始组成: 水份, 78.92 ± 0.83; 粗蛋白, 12.64 ± 0.37; 粗脂肪, 3.47 ± 0.31; 灰分, 2.97 ± 0.14

2. 在数值右上角有相同字符的其偏差不超过5%。数据采用平均正负偏差表示 ($n=3$)。

肝苹果酸酶和葡萄糖—六—磷酸氢酶 (G—6—PD) 的活动在不含脂肪的对照组鱼中

最高。然后是5%和10%脂肪饲料的鱼。磷酸葡萄糖酸脱氢酶 (PGD) 的活动在对照组的鱼中最高。然后是5%和10%脂肪组, 再往后为15%脂肪组, 最低的是20%脂肪组。

表4. 饲喂八周后的杂交罗非鱼的肝苹果酸酶、葡萄糖—六—磷酸脱氢酶和磷酸葡萄糖脱氢酶活动

	食用脂肪 (%)				
	0	5	10	15	20
苹果酸酶	18.70±2.57 ^a	8.38±1.86 ^c	8.58±1.84 ^c	5.10±0.86 ^b	2.84±0.17 ^a
G-6-PD	94.20±15.79 ^a	62.20±14.41 ^c	62.84±15.01 ^c	48.07±4.0 ^b	16.34±2.25 ^a
PGD	35.61±7.55 ^c	28.31±2.63 ^c	35.52±3.03 ^c	15.70±1.06 ^b	5.58±1.87 ^a

1. 在数值右上角有相同字符的其偏差不超过5%。数据采用平均正负偏差表示 (n=3)。

2. 酶活动: nmolNADPH/每分·每毫克蛋白

生长和食用脂肪量之间的关系可用多项回归式来做统计分析; 回归式为:

$$Y = 0.098x^2 + 23.65x + 105.15 \quad (\text{图1})$$

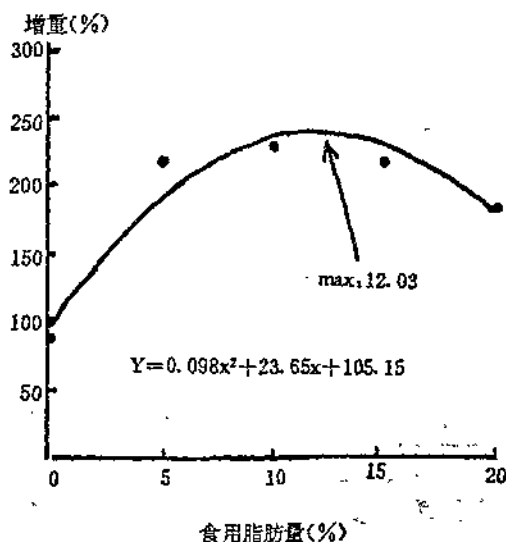


图1. 鱼增重和脂肪量的关系

当脂肪量为12.03%时, 可观察到最大生长点。这个值被作为罗非鱼最快生长的最佳脂肪食用量。

图1中的每个点是三组鱼的平均值。每组鱼有14条。鱼的种类是罗非鱼 (*O. niloticus* × *O. aureus*)

四. 讨论

Zeitoun et al. (1976) 建议应用多项回归分析做为评估增重和基本营养摄取之间关系的依据。他们指出估计的相应于最大生长的值 (用二次回归法) 受到局限, 因为摄食营养的最高值促进最大生长, 如低于这个值则生长受到抑制。在最近的研究中, 鱼生长和食用脂肪量之间的关系; 用统计学方法二次曲线恰当地表示出来了 (图1), 并且在12%脂肪

量处得到最大值,应注意到5%脂肪组的鱼在增重上和10%及15%脂肪组的鱼没什么显著不同(表2),建议5%食用脂肪可满足罗非鱼的最低脂肪需要量。

脂肪和碳水化合物都是鱼食物中重要的能源,脂肪可很好地被大多数鱼利用,但高脂肪量可减缓鱼的生长。碳水化合物是人和驯养动物中最便宜的能源,但对鱼来说似乎利用的不好,且不同鱼之间有所不同。碳水化合物的需要量还未搞清楚。更甚的是鱼对不同类型碳水化合物的利用也不相同。在我们以前的研究中杂交罗非鱼对淀粉的利用比葡萄糖要好。在现在的研究中,淀粉用作食用碳水化合物的原料来补偿脂肪得出的结果是杂交罗非鱼在食用含17%到4%淀粉和15%到5%脂肪的饵料时可长得很好,也可用碳水化合物对脂肪的比例在1.13~8.4来表示。

食物脂肪和体内脂肪的正相关指出(表3)当食物脂肪超出需要,这超出部分就会积累在体内。别的鱼也是如此,如:鲤鱼,鲶鱼,缸鳉鱼,石首鱼,杂交鲶鱼等。增加食物中的脂肪量就会提高体内的脂肪量;但是这并不反应喂5%~15%脂肪量的鱼的生物量的变化。在实验中这些组的鱼增重相同。建议不要给予过多的脂肪(超过5%)做为罗非鱼额外的能源用于生长。

苹果酸酶、G—6—PD 和 PGD 包括在催化 NADPH 的生产中。NADPH 对于肝苹果酸的合成是基本的。苹果酸酶、G—6—PD 和 PGD 的活动在吃不含脂肪的对照组鱼中的活动较大,建议为适应含这些脂肪基因酶的鱼应饲喂不同的饵料。有报道说高脂肪压抑了 Coho 鲑鱼肝中脂肪基因酶的活动,也包括罗非鱼(*O. niloticus*)。我们的结果似乎是支持了这情况。可是我们注意到这些酶活动的试验在5%和10%脂肪组中没什么差异,但在15%脂肪组中酶活动受压抑并在20%脂肪组中进一步受压抑。现在还不知道5%和10%脂肪组酶活动相似的原因。

在开始两星期喂不食脂肪饲料的鱼其增重可以和喂含脂肪饲料的鱼的增重相比较,在以后的时期内就不行了。所以认为生长的迟缓归于基本脂肪酸的缺乏。n—6和n—3脂肪酸的绝对量在每组鱼中是变化的,但是两种脂肪酸族的相对比例是一样的。现在的研究还不能指出罗非鱼对n—3脂肪酸的需要量。但我们的结果清楚地显示了当使用混合食物脂肪时对罗非鱼生长来说的最佳量。需要做进一步研究的是阐明罗非鱼生长中n—3脂肪酸的作用。

(刘 岗、李美真 译自《Aquaculture》V. 143, (1996) NO. 2)