

# 螺旋藻对锦鲤生长和体色的影响

何培民 张饮江 何文辉

(上海水产大学渔业学院, 200090)

**摘 要** 通过使用钝顶螺旋藻(*Spirulina platensis*) 喂养锦鲤(*Grucian carp*) 试验, 探讨了不同含量的螺旋藻干粉配合饵料以及活藻对锦鲤体色和生长的影响。试验结果表明在相同水温、光照和投喂量的条件下, 随着螺旋藻干粉投喂量的增加, 锦鲤体色越鲜艳, 体重、体长也相应增加, 其中鲜活螺旋藻对其体色、体长、体重影响最大。还探讨了体色定量测定方法。其结果显示, 鱼鳞的黑色素细胞数和红色素丙酮抽提液光密度值随着饵料中螺旋藻含量提高而增加。这表明应用黑色素细胞计数法和红色素丙酮抽提液光密度测定法能客观反映锦鲤体色鲜艳度, 为今后客观评价锦鲤体色奠定了基础。

**关键词** 锦鲤, 螺旋藻, 饵料, 体色, 生长

钝顶螺旋藻(*Spirulina platensis*) 已在国内外被应用作为药品和保健食品, 并且在水产养殖上被广泛应用为鱼、虾、蟹、贝类饵料或饵料添加剂。螺旋藻可以促进水产动物生长发育, 增强抗病力, 提高繁殖率和育苗及养殖成活率, 同时螺旋藻还对观赏鱼、虾、贝类体色有增色效应[神尾寻司 1982, 吴琴瑟 1994, 李定梅 1995]。

鱼的观赏价值主要取决于鱼的品种形状和色泽的鲜艳度。在同一品种中, 除水温、水质、光照条件外, 饵料影响体色更为突出。一般在饵料中添加血红虫、磷虾肉、小浮萍、人工合成的天然胡萝卜素等物质来增加鱼体色[王占海和王金山 1993]。螺旋藻体内富含类胡萝卜素, 可在动物体内代谢为虾青素(astaxanthin) 使体色更鲜艳[神尾寻司 1982, 吴琴瑟 1994]。

国外较早应用螺旋藻为水产动物饵料。日本在 70 年代用螺旋藻投喂观赏鱼和虾类, 墨西哥水产生物开发信托局曾用螺旋藻喂养虹鳟、鲤、金鱼、罗非鱼, 效果十分理想[神尾寻司 1982], 也曾报导鲤鱼、金鱼、新月鱼等红色系鱼和非红色系鱼用螺旋藻喂养后, 可使体色增艳, 生长繁殖能力增强[神尾寻司 1982]。我国在 80 年代末开始研究用螺旋藻喂养水产动物, 在鱼类方面, 用螺旋藻投喂鲢、银鲫、鲤、鳊、草鱼, 均取得较好效果[王启伦 1987, 周爱堂 1987]。螺旋藻对鲷鱼、紫红笛鲷、鲈、鲑、鳟和台湾红罗非鱼等鱼类都有良好效果[吴琴瑟 1994]。目前为止, 我国有关螺旋藻对锦鲤体色影响研究还未见到报导, 本文则是应用螺旋藻为饵料, 研究螺旋藻对锦鲤体色影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

锦鲤由上海水产大学校产办鱼场提供, 分为花色和红色两种, 其规格平均为体长 5.88cm,

体重 2.78g。

钝顶螺旋藻粉由上海强生微藻发展公司提供,活体藻由上海水产大学海藻生物技术研究室提供。

## 1.2 锦鲤养殖

锦鲤(Crucian carp)培养容器为 10 只 15cm × 35cm × 40cm 水族箱,每箱放置 10 尾花色锦鲤和 10 尾红色锦鲤。实验共分 5 个组,每个组设立 2 个平行组。其中,用甲鱼幼体饵料并按添加螺旋藻干藻含量分 0%、5%、10%、20% 四个螺旋藻粉饵料组;另设一个活体螺旋藻组,即经过培养的活体螺旋藻直接投入水族箱中,每三天测一次水族箱鲜活螺旋藻藻体数量,使其控制在 3 000 段/mL 左右,饵料投喂与对照组相同。

每日换水量为 1/5,每天上午 9:00 投饵,投喂量为体重的 2%。随水温的升高,适当的增加投喂量,当水温超过 20℃时,每日增加一次投饵。

## 1.3 螺旋藻饵料制作和培养

螺旋藻饵料制作:以螺旋藻干粉添加到甲鱼幼体饵料中,按藻粉含量制成 0%、5%、10%、20% 四组螺旋藻粉饵料。制成面条状,真空冷冻干燥,并压碎成颗粒状。

螺旋藻培养:用 Z 氏培养液[Zarrouk 1966]培养螺旋藻,温度 30℃,光照 2 000~ 3 000lx。培养好的螺旋藻用筛绢过滤。以藻泥直接投喂并使水箱中的螺旋藻密度保持在 3 000 段/mL 左右。

## 1.4 胡萝卜素的测定

### 1.4.1 β-胡萝卜素测定方法

采用层析法[荆家海和丁钟荣 1981 年]:称取 0.5g 螺旋藻加 0.5g 无水 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和 MgCO<sub>3</sub> 在研钵内研磨充分倒入吸附柱里。吸附柱由直径为 25mm 色层分析柱装置而成。装上 10g 经研磨的草酸钠与滑石粉混合物。然后压紧粉末,把螺旋藻倒入其中,用棉花塞塞其口,用汽油洗涤研钵,并以 50~ 60 滴/分钟的速度抽吸,一直到螺旋藻下层橙黄色胡萝卜素带完全被浸提而处于圆柱前缘。在 450nm 下测胡萝卜素液的光密度[Yamada 等 1990]。每个样品重复测定 3 次。

### 1.4.2 计算方法

按公式  $Y = 0.1A \cdot C/N$  求得胡萝卜素含量

Y—样品胡萝卜素含量(mg/100g 样品)

C—分析液中胡萝卜素浓度(μg/mL)

A—胡萝卜素分析液体积(mL)

N—分析样品重量(g)

0.1—把微克化毫克并计算 100g 样品含量的换算系数

## 1.5 锦鲤体长、体重、鱼鳞黑色素细胞和红色素测定

锦鲤体长和体重测定:每组 2 个平行组中各随机取 5 条花色和 5 条红色锦鲤测定其体长和体重,并计算体长和体重净增加平均值。

黑色素细胞测定: 每组中各从 5 条花色锦鲤鱼体相同部位  $1\text{cm}^2$  范围内取最黑处 5 片黑色鳞片, 在显微镜下计数黑色素细胞。

红色素测定: 每组 2 个平行组中各取 5 条鱼红色部位共 20 片鳞片用  $0.04\text{g Na}_2\text{SO}_4$  研磨, 再用丙酮抽提并离心, 定容  $5\text{mL}$ , 在波长  $480\text{nm}$  (用 721 分光光度计进行吸收波长扫描测定, 结果显示此处为最高吸收峰 [Mcbeth 1972]) 下, 用 721 分光光度计测定光密度值, 并计算其平均值。

根据 2 个平行组数据, 分别对体长、体重增加平均值、鱼鳞黑色素细胞数和红色素光密度测定值进行方差分析和多重分析。

## 2 实验结果

### 2.1 螺旋藻对锦鲤体长和体重的影响

经过 60 天培养后, 各组锦鲤体长和体重净增加有较大差异, 结果如图 1。

由图 1 可知, 实验组的锦鲤体长和体重增加均比对照组多。且各组体长和体重增长速度不同, 从对照组到活藻组呈上升趋势, 说明随着饵料中螺旋藻含量增加, 锦鲤体重增加。其中鲜活藻组和 20% 组效果最为明显, 鱼体长度和体重增加最多。说明螺旋藻可以增加鱼体生长速度。其中 0%、5%、10%、20%、活藻组的生长增加总平均分别为  $1.72 \pm 0.73$ 、 $1.88 \pm 0.71$ 、 $1.94 \pm 0.64$ 、 $2.4 \pm 0.83$ 、 $2.58 \pm 0.77$ , 体重增加总平均值分别为  $5.36 \pm 1.94$ 、 $6.17 \pm 2.05$ 、 $6.80 \pm 2.51$ 、 $7.01 \pm 2.75$ 、 $7.16 \pm 2.82$ 。

根据两平行组体长和体重增加平均值分别进行方差分析, 结果如表 1。

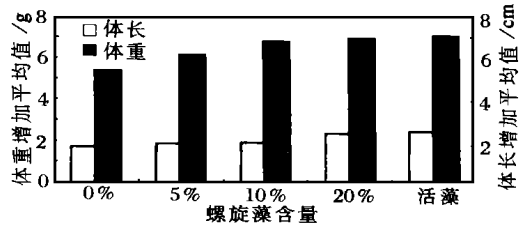


图 1 螺旋藻在饵料中的含量对锦鲤生长的影响

Fig. 1 Effect of *S. platensis* in feed on the growth of Crucian carp

表 1 锦鲤体长和体重增加平均值方差分析

Tab. 1 Variance analysis of increase means in body length and weight of Crucian carp

因素	变异来源	SS	df	MS	F
体长	组间差异	1.0951	4	0.2737751	17.62**
	误差	0.06213484	4	0.01553421	
	总变异	1.157398	9		
体重	组间差异	4.330231	4	1.082558	31.82**
	误差	0.131023	4	0.0340255	
	总变异	4.47168	9		

注: \*\* 表示组间具极显著差异。

经查表,  $F_{0.01}(4, 4) = 16$  小于  $F_{体长} = 17.62$  和  $F_{体重} = 31.82$ , 故组间有极显著差异, 用 LSR 法进行多重比较, 其结果如表 2。

表 2 锦鲤体长和体重增加平均值多重比较

Tab. 2 Multivariate analysis of increase means in body length and weight of Crucian carp

因素	组别	平均值	差数阵			
体长	活藻	2.565	0.848**	0.68**	0.625**	0.125
	20%	2.44	0.72**	0.555**	0.50**	
	10%	1.94	0.22*	0.165		
	5%	1.88	0.165			
	0%	1.72				
体重	活藻	7.115	1.78**	0.97**	0.345*	0.13
	20%	7.01	1.65**	0.84**	0.215	
	10%	6.795	1.435**	0.625**		
	5%	6.17	0.81**			
	0%	5.36				

注: \* 表示组间具显著差异, \*\* 表示组间具极显著差异。

从表 2 可以看出, 对于体长, 活藻组和 20% 组分别与 0% 组、5% 组及 10% 组有极显著差异, 10% 组与 0% 组之间有显著差异, 其余 5% 组与 0% 组、10% 组与 5% 组、活藻组与 20% 组之间均无显著差异; 对于体重, 各实验组与 0% 组, 活藻组、20% 组和 10% 组与 5% 组之间都有极显著差异, 活藻组与 10% 组有显著差异, 活藻组与 20% 组、20% 组与 10% 组之间无显著差异。

## 2.2 螺旋藻对体色的影响

### 2.2.1 螺旋藻中 $\beta$ -胡萝卜素含量测定

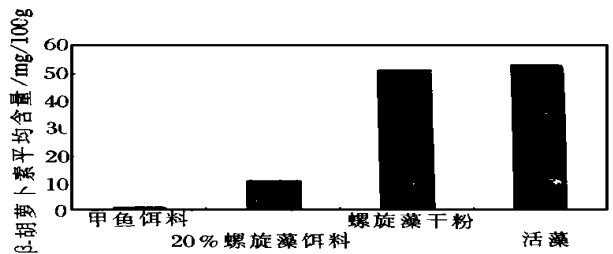
为了测量饵料中的螺旋藻含量与 $\beta$ -胡萝卜素含量的关系, 对不同饵料组测定 $\beta$ -胡萝卜素的含量, 结果如图 2。

由图 2 可知, 鲜活藻泥的 $\beta$ -胡萝卜素含量比干粉稍多, 这表明制成螺旋藻粉过程中损失少量胡萝卜素。用螺旋藻干粉制作颗粒饲料的过程中 $\beta$ -胡萝卜素几乎不损失。

### 2.2.2 螺旋藻对锦鲤体色的影响

体色比较: 经过 60 天喂养后, 各组鱼的体色变化明显有差异。添加螺旋藻可增强体表着色。同样由照片也可直观地看出, 随着螺旋藻含量增加, 鱼体颜色更加艳丽。其中鲜活饵料组更明显(图 3~ 4)。

对黑色素细胞的影响: 经过 60 天培养, 测量各组分锦鲤鳞片的黑色素细胞, 结果如表 3。

图 2 饵料和螺旋藻中 $\beta$ -胡萝卜素含量Fig. 2 Content of  $\beta$ -carotene in *S. platensis* and feed

注: 活藻 $\beta$ -胡萝卜素含量单位为 mg/kg 藻体湿重。

表 3 各组锦鲤鳞片黑色素细胞数测定

Tab. 3 The number of the black pigment cells in Crucian carp scale

实验组	1	2	3	4	5	平均值
0%	54	45	37	61	29	45.2±12.81
5%	38	46	32	73	68	51.4±18.22
10%	58	67	85	30	75	63.0±20.96
20%	77	70	88	80	57	74.4±11.67
活藻	110	75	123	102	98	101.6±17.67

由表 3 可知,随着螺旋藻投喂量增加,相同大小个体,相同部位鳞片上的黑色素细胞也增加,表现出来的体色也逐渐加深,其中活藻更明显。对各组锦鲤鳞片上的黑色素细胞数进行方差分析和 F 检验(表 4)。

表 4 黑色素细胞方差分析

Tab. 4 The variance analysis of the number of black pigment cells between groups

变异来源	SS	df	MS	F
组间差异	9932.24	4	2483.06	7.768424
误差	5114.16	16	319.635	
总变异	15068.64	24		

经查表,  $a = 0.01$ ,  $F = 4.77 < 7.768424$ ,

说明不同组间体表黑色素细胞个数有极显著差异,表明各组花色差异明显。

经多重比较分析,活藻组与 0% 组、5% 组、10% 组有极显著差异,与 20% 组有显著差异,20% 组与 0% 组显著差异,其余各组间均无显著差异。

红色素丙酮抽提液测定:随机抽取各组分红色锦鲤体部 20 片红色鳞片,其鱼体大小相同、部位相同、鳞片大小也相同。用丙酮抽提红色素,测其光密度(表 5)。

表 5 锦鲤体表鳞片红色素光密度平均值

Tab. 5 Means of the OD value of red pigment in Crucian Carp

实验组	0%	5%	10%	20%	活藻
光密度	0.059±0.001	0.109±0.010	0.132±0.010	0.177±0.009	0.195±0.020

由表 5 可知,随着饵料中螺旋藻含量增加,鱼鳞中红色素的光密度也逐渐增高,说明红色素含量也增加,进一步证实了螺旋藻可以着色。

对上述结果做方差分析和 F 检验(表 6)。

表 6 红色素丙酮抽提液 OD 值方差分析

Tab. 6 The variance analysis of the red pigment OD value with acetone abstract

变异来源	SS	df	MS	F
组间差异	0.02359141	4	$5.89785 \times 10^{-3}$	119.5778
误差	0.0001973718	4	$4.934295 \times 10^{-5}$	
总变异	0.024	9		

经查表,  $a = 0.01$ ,  $F = 16.0 < 119.5778$ ,说明不同组间红色素丙酮抽提液 OD 值差异性极显著,表明各组间锦鲤体色有明显差异,投喂螺旋藻可使锦鲤体色更鲜艳。

经多重比较分析,除活藻组与 20% 组之间有显著差异外,其余各组之间均为极显著差异。

## 3 讨论

### 3.1 螺旋藻可加快鱼体生长, 增强活力

通过本实验证实了螺旋藻能增加锦鲤的体长和体重, 且随着饵料中螺旋藻含量提高, 锦鲤的体长和体重也相应提高。这些结果与王启伦[1987] 喂养鲢、银鲫等鱼和周爱堂[1987] 喂养鳊、鲤试验均能增加鱼的体长和体重相一致。并且也发现, 锦鲤活力也随着螺旋藻含量提高而增强。

### 3.2 螺旋藻可增加观赏鱼类体色

本试验结果表明, 随着饵料中螺旋藻含量的增加锦鲤体色更加艳丽。王占海和王金山[1993] 曾报导, 用添加天然胡萝卜素饵料喂养金鱼可使体色更加艳丽。日本观赏鱼类必须添加螺旋藻。

关于类胡萝卜素对水产鱼类和虾类增色机制, 神尾寻司[1982] 认为鱼类的红色色素主要为虾青素, 它由玉米黄质合成, 且 $\beta$ -胡萝卜素能提高发色效果。螺旋藻中富含这两种物质, 故螺旋藻能使鱼类增色。且在虾类 Liao 等[1993] 认为添加螺旋藻增色效果要比直接添加类胡萝卜素要好。这意味着螺旋藻增色作用有复杂的生理基础。Tanaka 等[1976]、Goodwin [1985]、Davis[1985] 及 Matsuno 和 Hirao[1989] 曾进一步认为胡萝卜素在日本对虾体内代谢有两种途径, 即 $\beta$ -胡萝卜素——异黄素——海胆酮——角黄素——红黄素——虾青素 (astaxanthin); 玉米黄质——4-酮玉米黄质——虾青素。Yamada 等[1990] 用添加不同来源的类胡萝卜素, 不同含量水平和不同喂养方式对日本对虾进行着色实验。Liao 等[1993] 认为类胡萝卜素中的玉米黄质在虾中着色更为主要。有关鱼类体色及类胡萝卜素和色素生理代谢方面还需进一步研究。

### 3.3 活藻喂养锦鲤

从本实验结果来看, 活藻喂养锦鲤, 其体色均比投喂添加藻粉饵料组好, 这可能是类胡萝卜素等活性物质含量高于藻粉, 有利于代谢转化和鱼体着色。同时活藻能吸收水体中的氨氮, 放出 $O_2$  有效地改善水质。但是在水中增加活体螺旋藻时, 水色变绿, 影响赏鱼。从观赏角度来看, 利用螺旋藻着色最好添加在饵料里。添加量应控制在 20% 左右, 过高其饵料成本也高。

### 3.4 关于体色评价标准

关于体色评价标准, 一般用提供照片来说明和评估鱼的体色艳丽程度。这种评估方法有一定局限性, 不能建立统一评价标准。本实验在此基础上, 尝试应用黑色素细胞计数方法及红色素丙酮抽体液的 OD 值测定法来进行评价。从实验结果来看, 这两种方法都能较客观地说明锦鲤体色艳丽程度, 使体色评价从直观法发展到定量法, 这为今后建立一套完整水产品客观比较和评价标准奠定了基础。

总之, 使用螺旋藻饵料可增加锦鲤体色和加快鱼体生长, 提高锦鲤观赏价值, 为水产养殖业, 特别是观赏鱼类养殖带来更大经济效益。

上海水产大学渔业学院 97 届学生俞贤南和阿不都肉苏力为本实验做了大量工作, 谨此致谢。

## 参 考 文 献

- 王占海, 王金山. 1993. 金鱼的饲养与观赏. 北京: 科技出版社. 183~ 186
- 王启伦. 1987. 钝顶螺旋藻喂养鱼苗实验初报. 淡水渔业, (1): 39~ 41
- 李定梅. 1995. 螺旋藻. 北京: 中国农业科技出版社. 52~ 59
- 吴琴瑟. 1994. 螺旋藻在水产养殖中的应用. 湛江水产学院院报, 14(2): 76~ 80
- 荆家海, 丁钟荣译. 1981. 植物生物化学分析方法. 北京: 科学出版社. 237~ 240
- 周爱堂. 1987. 钝顶螺旋藻在水产养殖中应用的初步研究. 淡水渔业, (2): 5~ 6
- 神尾寻司. 1982. に於ける 'ÈÈª N 养殖. 养殖, (6): 85~ 91
- Davis B H. 1985. Carotenoid metabolism in animals: A biochemist's view. Pure Appl Chem, 57: 679~ 684
- Goodwin T W. 1985. The Biochemistry of the Carotenoids. Chapman and Hall, London. 64~ 96
- Liao W L, Nur-E-Borhan S A, Okada S, et al. 1993. Pigmentation of cultured black tiger prawn by feeding with a *Spirulina*-supplemented diet. Nippon Suisan Gakkaishi, 59(1): 165~ 169
- Matsuno T, Hirao S. 1989. Marine carotenoids, In: Ackman R G ed. Marine Biogenic Lipids, Fats and Oils. CRC Press, Florida. 1: 251~ 388
- McBeth J W. 1972. Carotenoid from nudibranchs. Comp Biochem Physiol, 41B: 55~ 68
- Tanaka Y, Matsuguchi H, Katayama T, et al. 1976. The biosynthesis of astaxanthin- (XII). The metabolism of the carotenoids in the prawn *Penaeus japonicus* Bate. Bull Jap Soc Sci Fish, 42: 197~ 202
- Yamada S, Tanada Y, Sameshima M, et al. 1990. Pigmentation (with *Penaeus japonicus*) carotenoids, I. Effect of dietary astaxanthin,  $\beta$ -carotene and canthaxanthin on pigmentation. Aquaculture, 87: 323~ 330
- Zarouk C. 1966. Contribution à l'étude d'une cyanophycee. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setchell Gardner). Geitler, Ph D Thesis, University of Paris, France

## EFFECT OF THE SPIRULINA FEED ON THE GROWTH AND BODY COLOR OF CRUCIAN CARP

HE Pei-Min, ZHANG Yin-Jiang, HE Wen-Hui  
(College of Fisheries, Shanghai Fisheries University, 200090)

**ABSTRACT** The effects of the feed with different amount of the dried *Spirulina platensis* and fresh *Spirulina platensis* on the growth and body color changes in *Crucian carp* have been studied. The result shows that the more the amount of *Spirulina platensis* in feed is, the longer and weightier the fish will be, and the brighter the body color of the fish will become. Feeding with fresh *Spirulina platensis* would make a better effect on increasing fish color and body weight than feeding with the *Spirulina pander* feed. The methods of quantitative measuring body color have also been studied. When the amount of *Spirulina platensis* in feed increased, black pigment cells and the OD value of the red pigment abstract with acetone in the fish scale are promoted. So it is realistic to count the black pigment cells and to analyse the OD value of the red pigment for distinguishing the fish color grades.

**KEYWORDS** Crucian carp, *Spirulina platensis*, Feed, Growth, Body color