

# 饲料中添加万寿菊粉和小球藻对黄金鲤生长及体色的影响

张宝龙 曲 木 赵子续 刘昕阳 唐子鹏 翟胜利\*

天津市晨辉饲料有限公司 / 天津市水族动物功能性饲料企业重点实验室, 天津 301800

**摘要** 本试验养殖对象为黄金鲤, 添加剂为万寿菊粉及小球藻, 探究添加万寿菊粉和小球藻粉对初始体重 ( $50.00 \pm 5.00$ )g 的黄金鲤生长及体色的影响。试验结果显示: 在增重率、特定生长率和饵料系数方面, 添加 0.04% 万寿菊粉、0.02% 小球藻和 0.16% 万寿菊粉、0.03% 小球藻生长较为明显; 在肥满度方面, 0.08%、0.04% 的万寿菊粉与 0.16% 组相比, 降低了 7.06% 和 6.89%; 在背肌  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值方面, 整个过程中背部体色处于不断增加趋势, 其中 0.04% 万寿菊粉、0.08% 小球藻组和 0.16% 万寿菊粉、0.04% 小球藻 2 组效果最好; 在鳃  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值方面, 鳃体色也处于不断增加趋势, 其中 0.04% 万寿菊粉、0.02% 小球藻组和 0.16% 万寿菊粉、0.03% 小球藻 2 组效果最好。综合生长及体色进行分析, 0.04% 万寿菊粉、0.02% 小球藻对黄金鲤的生长最为适宜。

**关键词** 万寿菊粉; 小球藻; 黄金鲤; 生长; 体色

小球藻 (*Chorella vulgaris*) 为单细胞绿藻, 属于绿藻门 (Chlorophyta)、绿藻纲 (Chlorophyceae)、小球藻科 (*Chorella vulgaris*ceae)<sup>[1]</sup>。小球藻富含藻多糖、脂肪酸、糖蛋白和维生素等营养成分, 具有降血压、降血脂、增强免疫力的功能<sup>[2]</sup>, 小球藻的蛋白含量很高, 优于其他植物蛋白源, 广泛应用在食品、饲料等行业<sup>[3]</sup>, 小球藻分布广, 且营养方式具有多样性, 还能有效利用  $\text{CO}_2$ , 产生氧气<sup>[4]</sup>。小球藻能增加水体中的营养物质, 含有丰富的叶绿素。近年来, 小球藻的发展逐渐被重视起来。万寿菊 (*Tagetes erecta* L.) 属菊科的一种草本植物, 在万寿菊的鲜花中提取叶黄素已广泛用于医药、饲料行业<sup>[5]</sup>。叶黄素是一类重要的类胡萝卜素, 具有抗氧化性, 青贮的芳香气味, 呈橘红或橙黄<sup>[6]</sup>。鱼类自身可以合成黑色素, 但不能合成类胡萝卜素, 因此万寿菊粉作为天然的着色剂添加在饲料中。

锦鲤 (*Cyprinus carpio*) 以其绚丽的色彩和华丽的斑纹而享誉世界, 黄金鲤属锦鲤的一个类别, 黄

金鲤全身呈金黄色, 于 1969 年出现, 与其他品种锦鲤杂交可以产出皮光鲤<sup>[7]</sup>。锦鲤由鲤突变体系经人工选育而形成, 锦鲤的体色是锦鲤价值的体现, 因此本文探究了基础饲料中添加万寿菊粉及小球藻对黄金鲤生长及体色的影响, 以期为研究黄金鲤饲料增色剂提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼与养殖管理

本试验在天津市晨辉饲料有限公司循环水养殖实验室进行, 试验鱼黄金鲤购自天津万国水产养殖有限公司。购置的鱼经过消毒后在养殖池中暂养 14 d, 暂养结束后挑选无病及规格一致的黄金鲤 900 尾, 随机分成 10 个处理 (其中不添加组为对照组), 每个梯度 3 个重复, 每个重复 30 尾。养殖周期为 56 d, 日投喂量为体重的 2%~4% (视试验鱼吃食情况调整), 投喂时间为每天 08:30、15:30。养殖过程中定期检测水质, 每天记录水温、死亡条数及投饵量。

收稿日期: 2020-05-11

基金项目: 2017 年天津市宝坻区科技计划项目 (BDCCZ2017001)

\* 通讯作者

张宝龙, 男, 1989 年生, 硕士, 主要从事观赏鱼繁育及饲料营养等方面的研究。

### 1.2 试验饲料

选用万寿菊粉(叶黄素有效含量 2%)、小球藻粉(有效含量 100%)为添加剂,以鱼粉、豆粕、谷朊粉为蛋白源,以豆油、鱼油为脂肪源,用双因素(3×3 因子)试验设计 9 种饲料,各设 3 个梯度,分别为万寿菊粉(400、800、1 600 mg/kg; 叶黄素有效含量为 8、16、32 mg/kg)、小球藻(50、100、150 mg/kg),依次记为 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7、D8、D9,以不添加万寿菊粉和小球藻粉的基础饲料为对照组(表 1-表 2)。

### 1.3 指标测定

1)生长指标测定。养殖试验结束后禁食 48 h,每个平行选取 10 尾黄金鲤,测定其体重、体长、全长、体高、体宽等指标,用于生长指标的计算。

$$\text{增重率(WGR, \%)} = 100 \times (W_t - W_0) / W_0;$$

$$\text{特定生长率(SGR, \% / d)} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t;$$

$$\text{饵料系数(FCR)} = F / (W_t - W_0);$$

$$\text{蛋白质效率(PER)} = (W_t - W_0) / (F \times \text{CP});$$

$$\text{肥满度(CF, \%)} = 100 \times W_t / L_t^3;$$

$$\text{肝体指数(HSI, \%)} = 100 \times W_g / W_t;$$

式中:  $W_t$  为终末体重(g);  $W_0$  为初始体重(g);  $L_t$  为终末体长(cm);  $t$  为试验天数(d);  $F$  为饲料摄入量干重(g);  $W_g$  为肝胰脏重(g); CP 为饲料粗蛋白质含量。

2)体表  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值测定。养殖试验结束后,每个平行随机选取 10 尾黄金鲤用色差仪(CR400)测定背部及鳍条基部  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值。

### 1.4 数据分析

试验结果均用 SPSS 18.0 软件进行分析(平均值±标准差),用 Duncan's 多重比较分析试验数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 对黄金鲤生长性能和饲料利用的影响

投喂不同水平万寿菊粉和小球藻饲料 56 d 后,对黄金鲤生长指标进行检测。通过统计分析可知,在增重率、特定生长率和饵料系数方面:试验组与对照组差异显著( $P < 0.05$ ),试验组中 D2 和 D9 2 组较为明显。蛋白质效率方面:试验组中 D2 和 D9 2 组与对照组差异显著( $P < 0.05$ ),其余组与对照组差异不显著( $P > 0.05$ )(表 3)。

### 2.2 对黄金鲤形体指标的影响

在肥满度方面:除试验组中 D9 外,其余组均与对照组有显著差异( $P < 0.05$ ),D1 和 D4 2 组较为明显,肝体指数方面试验组与对照组无显著差异( $P > 0.05$ )。饲料万寿菊粉水平对鱼体肥满度有显著影响( $P < 0.05$ ),与 0.16%万寿菊粉水平相比,0.04%和 0.08%万寿菊粉组鱼体肥满度分别降低了 7.06%和

表 1 饲料配方表

成分	对照	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
鱼粉	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
豆粕	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
谷朊粉	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
面粉	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
DDGS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
麸皮	7.5	7.45	7.44	7.43	7.41	7.4	7.39	7.33	7.32	7.31
豆油	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
鱼油	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
麦饭石	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
万寿菊粉	0.00	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.08	0.16	0.16	0.16
小球藻	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03
4%预混料	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
磷酸二氢钙	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

表 2 饲料营养成分表

指标	对照	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
水分	9.69	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.67	9.67	9.67
粗蛋白	29.87	29.86	29.87	29.87	29.86	29.86	29.87	29.85	29.85	29.85
粗脂肪	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.99	6.99

6.89% ( $P < 0.05$ ); 与 0.16% 万寿菊粉水平相比, 0.04% 万寿菊粉组肝体指数降低了 2.57% ( $P < 0.05$ ), 0.08% 万寿菊粉组肝体指数差异不显著 ( $P > 0.05$ )。小球藻水平对鱼体生长指标无显著影响 ( $P > 0.05$ ), 万寿菊粉和小球藻的交互作用对鱼体生长指标无显著影响 ( $P > 0.05$ ) (表 4)。

### 2.3 对黄金鲤体色变化的影响

在养殖的各个阶段用色差仪测定黄金鲤背部部分及鳃盖部分的色度值 ( $L^*$  亮度,  $+L^*$  代表样品偏亮白,  $-L^*$  代表偏暗黑;  $a^*$  红度,  $+a^*$  代表样品偏红,  $-a^*$  代表样品偏绿;  $b^*$  黄度,  $+b^*$  代表样品偏黄,  $-b^*$  代表样品偏蓝), 结果如下: 随着养殖时间的延长, 黄金鲤背肌亮度值总体呈上升趋势, 第 2 组和第 9 组呈现出较快的增长速度, 在养殖的各个取样点背肌  $L^*$  值都显著高于其他试验组 ( $P < 0.05$ ); 在养殖末期, 第 9 组黄金鲤背肌  $L^*$  的增长量最大, 且显著高于其他试验组 ( $P < 0.05$ ) (表 5)。

随着养殖时间的延长, 黄金鲤背肌红度值总体呈下降趋势, 第 2 组和第 9 组下降较快, 在养殖的各个取样点背肌  $a^*$  值都显著低于其他试验组 ( $P <$

0.05); 在养殖末期, 第 2 组、第 9 组黄金鲤背肌  $a^*$  值降低量最大, 且显著低于其他试验组 ( $P < 0.05$ ) (表 6)。

随着养殖时间的延长, 黄金鲤背肌黄度值总体呈上升趋势, 第 2 组和第 9 组上升较快, 在养殖的各个取样点背肌  $b^*$  值都显著高于其他试验组 ( $P < 0.05$ ); 在养殖末期, 第 2 组、第 9 组黄金鲤背肌  $b^*$  值增长量最大, 且显著高于其他试验组 ( $P < 0.05$ ) (表 7)。

随着养殖时间的延长, 黄金鲤鳃亮度值总体呈上升趋势, 第 2 组和第 9 组上升较快, 在养殖的各个取样点鳃  $L^*$  值都显著高于其他试验组 ( $P < 0.05$ ); 在养殖末期, 第 2 组、第 9 组黄金鲤鳃  $L^*$  值增长量最大, 且显著高于其他试验组 ( $P < 0.05$ ) (表 8)。

随着养殖时间的延长, 黄金鲤鳃红度值总体呈下降趋势, 第 2 组和第 9 组下降较快, 在养殖的各个取样点鳃  $a^*$  值都显著低于其他试验组 ( $P < 0.05$ ); 在养殖末期, 第 2 组、第 9 组黄金鲤鳃  $a^*$  值降低量最大, 且显著低于其他试验组 ( $P < 0.05$ ) (表 9)。

随着养殖时间的延长, 黄金鲤鳃黄度值总体呈上升趋势, 第 2 组和第 9 组上升较快, 在养殖的各个取样点鳃  $b^*$  值都显著高于其他试验组 ( $P < 0.05$ ); 在

表 3 各组饲料对黄金鲤增重率、特定生长率、饵料系数及蛋白质效率的影响

组别	万寿菊粉/%	小球藻/%	增重率/%	特定生长率/(%/d)	饵料系数	蛋白质效率/%
D1	0.04	0.01	87.58±1.63e	1.17±0.03abc	2.27±0.03b	1.43±0.05bcd
D2	0.04	0.02	96.61±0.54a	1.25±0.03ab	1.84±0.04c	1.78±0.04a
D3	0.04	0.03	87.23±1.03e	1.12±0.01c	2.25±0.05b	1.40±0.04cde
D4	0.08	0.01	92.60±0.59b	1.18±0.01abc	2.31±0.03b	1.30±0.15de
D5	0.08	0.02	88.66±0.43cde	1.16±0.03abc	2.56±0.13a	1.29±0.10de
D6	0.08	0.03	89.94±0.49c	1.14±0.07bc	2.20±0.03b	1.52±0.07bc
D7	0.16	0.01	87.91±1.33de	1.14±0.06bc	2.53±0.14a	1.25±0.04e
D8	0.16	0.02	89.45±0.44cd	1.18±0.04abc	2.27±0.12b	1.59±0.14b
D9	0.16	0.03	97.49±0.87a	1.27±0.14a	1.89±0.26c	1.81±0.05a
对照	0.00	0.00	67.74±0.51f	0.92±0.04d	2.42±0.07ab	1.23±0.02e
主体间效应检测						
	0.04		90.48b	1.18	2.12b	1.54a
	0.08		90.40b	1.16	2.36a	1.37b
	0.16		91.62a	1.19	2.23b	1.55a
		0.01	89.36b	1.16	2.37a	1.33b
		0.02	91.55a	1.20	2.22b	1.55a
		0.03	91.57a	1.18	2.11b	1.58a
Two-way ANVOA						
万寿菊粉			0.019	0.527	0.002	0.001
小球藻			0.000	0.463	0.001	0.000
交互			0.000	0.043	0.000	0.000

注: 同列标注的不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 下同。

养殖末期,第 2 组、第 9 组黄金鲤鳃  $b^*$  值增加量最大,且显著高于其他试验组( $P<0.05$ )(表 10)。

### 3 讨论

#### 3.1 饲料中添加万寿菊粉、小球藻对黄金鲤生长的影响

小球藻生长旺盛并成为优势种是良好水质的重要标志,容易被鱼类等消化吸收,在饲料中添加小球藻可显著提高养殖对象的增重率<sup>[8-9]</sup>。万寿菊粉

对黄金鲤生长有显著的促进作用,当其单一添加量为 4%时,作用显著<sup>[10]</sup>。在基础饵料中添加不同梯度小球藻后,各组黄金鲤的增重率等呈上升的趋势,D2 和 D9 处理组增重率高于对照组。崔培等<sup>[11]</sup>用添加了 1%的小球藻饲喂非洲王子鱼,发现其生长无显著差异,这种差异可能是由于研究对象的不同而产生的,也有可能是由于本试验是将万寿菊粉与小球藻同时添加到饲料中,二者对各自的促生长性能起到了一定的协同促进作用。肝指数的数值低时可使

表 4 各组饲料对黄金鲤形体指标的影响

组别	万寿菊粉	小球藻	肥满度	肝体指数
D1	0.04	0.01	2.08±0.04d	15.35±0.05ab
D2	0.04	0.02	2.15±0.06cd	15.23±0.38ab
D4	0.04	0.03	2.20±0.06cd	14.80±0.13b
D4	0.08	0.01	2.04±0.03d	15.54±0.24a
D5	0.08	0.02	2.21±0.06cd	15.50±0.14a
D6	0.08	0.03	2.17±0.09cd	15.28±0.11ab
D7	0.16	0.01	2.28±0.04bc	15.51±0.22a
D8	0.16	0.02	2.22±0.08cd	15.74±0.14a
D9	0.16	0.03	2.41±0.01ab	15.33±0.12ab
对照	0.00	0.00	2.51±0.02a	15.35±0.08ab
主体间效应检测				
	0.04		2.15b	15.13b
	0.08		2.14b	15.44ab
	0.16		2.31a	15.53a
		0.01	2.23	15.47
		0.02	2.23	15.22
		0.03	2.14	15.41
Two-way ANVOA				
	万寿菊粉		0.017	0.069
	小球藻		0.297	0.305
	交互		0.886	0.693

表 5 各组饲料对黄金鲤背肌的  $L'$  值的影响

组别	0 d	15 d	30 d	45 d	56 d	56 d-0 d
D1	71.77±0.35a	76.19±0.12bc	75.86±0.35d	78.16±0.48e	80.62±0.39d	8.85±0.40b
D2	74.13±0.22b	80.80±0.21a	81.30±0.19a	82.33±0.52a	84.83±0.27a	10.70±0.49ab
D3	74.10±0.06b	77.54±0.36b	78.18±0.25c	79.24±0.19d	80.63±0.35d	6.53±0.41c
D4	71.58±0.28a	76.51±1.23bc	79.29±0.28b	80.78±0.17c	82.74±0.26b	11.16±0.40ab
D5	71.99±0.05a	76.29±0.98bc	79.05±0.30bc	79.88±0.19cd	81.24±0.74cd	9.24±0.79ab
D6	71.32±0.04a	74.28±1.53c	76.43±0.42d	79.11±0.13de	80.69±0.34d	9.37±0.37ab
D7	71.93±0.13a	76.69±0.46bc	79.05±0.31bc	80.09±0.34cd	82.34±0.03bc	10.41±0.15ab
D8	73.37±0.59b	78.22±0.57b	78.91±0.14bc	80.85±0.26bc	82.41±0.62bc	9.05±1.12ab
D9	73.45±1.09b	80.54±0.44a	81.25±0.36a	81.82±0.51ab	84.71±0.33a	11.26±1.39a
对照组	74.55±0.40b	75.95±0.31bc	78.76±0.18bc	79.02±0.17de	79.13±0.39e	4.58±0.55c

注:56 d-0 d 为第 56 天的色度值与第 0 天的色度值的差值,下同。

鱼体的负荷达到自身可调节范围内。丁小峰<sup>[12]</sup>研究表明,将金黄素、金橘黄以及加丽素红添加在黄颡鱼的饵料中,内脏比和肝体比没有出现升高或降低。本试验添加不同梯度的小球藻和万寿菊粉在黄金鲤的饵料中,内脏比和肝体比也表现出相同的趋势。

### 3.2 饲料中添加万寿菊粉、小球藻对黄金鲤体色的影响

万寿菊粉是提取叶黄素后的副产物,具有青贮的芳香气味,从而有效改善动物体色。孙建民等<sup>[7]</sup>得

出,以源自万寿菊粉的叶黄素 76.25 mg/kg 投喂黄颡鱼,黄颡鱼皮肤着色最佳;冷向军等<sup>[13]</sup>在饲料中添加 150 mg/kg 叶黄素,发现可以显著改善金鱼体色。宋雪璐等<sup>[14]</sup>在饲料中添加叶黄素可有效改善七彩神仙鱼的体表黄色。张宝龙等<sup>[15]</sup>研究发现,饲料中万寿菊粉添加量为 6% 时,黄颡鱼腹部皮肤着色较好,呈鲜艳的黄色。本试验通过投喂黄金鲤不同梯度的小球藻和万寿菊粉饵料,饵料中添加万寿菊粉(0.04%)和小球藻(0.02%)对黄金鲤增色最佳,色度

表 6 各组饲料对黄金鲤背肌的 a\* 值的影响

组别	0 d	15 d	30 d	45 d	56 d	56 d-0 d
D1	1.17±0.02ab	0.03±0.14c	-1.00±0.09cd	-1.29±0.03c	-1.37±0.01a	-2.54±0.01bc
D2	1.12±0.06ab	-0.80±0.02d	-1.13±0.01d	-1.49±0.03d	-1.63±0.02c	-2.75±0.01d
D3	0.97±0.01c	-0.03±0.02c	-0.87±0.06abc	-1.16±0.03ab	-1.38±0.01a	-2.35±0.02a
D4	1.10±0.06b	0.04±0.05b	-0.87±0.04abc	-1.27±0.03c	-1.37±0.01a	-2.47±0.01b
D5	1.23±0.01a	-0.79±0.01d	-1.05±0.04d	-1.27±0.01c	-1.37±0.01a	-2.60±0.01c
D6	1.07±0.02bc	-0.77±0.01d	-0.97±0.04bcd	-1.23±0.01bc	-1.45±0.03b	-2.52±0.01bc
D7	1.08±0.01bc	0.26±0.05b	-1.12±0.02d	-1.27±0.04c	-1.44±0.01b	-2.52±0.02bc
D8	1.17±0.01ab	0.64±0.03a	-0.82±0.04ab	-1.28±0.01c	-1.40±0.01a	-2.57±0.01bc
D9	1.16±0.02ab	0.69±0.09a	-0.81±0.08ab	-1.48±0.01d	-1.63±0.02c	-2.79±0.03d
对照	1.08±0.07bc	0.65±0.01a	-0.80±0.02a	-1.14±0.03a	-1.37±0.01a	-2.45±0.01b

表 7 各组饲料对黄金鲤背肌的 b' 值的影响

组别	0 d	15 d	30 d	45 d	56 d	56 d-0 d
D1	25.41±0.02c	33.59±0.32c	34.64±0.39d	35.57±0.27c	36.75±0.20c	11.33±0.10d
D2	26.39±0.04b	37.29±0.18a	38.27±0.11a	40.15±0.20a	41.26±0.12a	14.87±0.06a
D3	25.03±0.06d	30.07±0.16d	32.83±0.06e	35.35±2.05c	36.70±0.11c	11.66±0.08d
D4	26.20±0.05b	34.52±0.52b	36.19±0.09c	37.19±0.15b	37.79±0.13b	11.59±0.04d
D5	26.43±0.39b	33.73±0.20c	34.28±0.27d	35.78±0.06c	36.70±0.10c	10.27±0.17e
D6	25.39±0.23c	34.49±0.47b	36.14±0.13c	37.14±0.33b	37.78±0.13b	12.38±0.05c
D7	25.13±0.12cd	34.50±0.44b	36.20±0.18c	37.77±0.69b	37.44±0.44b	12.31±0.18c
D8	27.16±0.18a	34.39±0.10b	36.08±1.04c	37.95±0.55b	37.48±0.25b	10.32±0.24e
D9	27.14±0.17a	37.41±0.19a	37.54±0.21b	40.16±0.17a	41.24±0.21a	14.09±0.15b
对照	25.14±0.06cd	34.03±0.20d	32.78±0.29e	34.37±0.18c	36.60±0.10c	11.45±0.08d

表 8 各组饲料对黄金鲤鳃的 L' 值的影响

组别	0 d	15 d	30 d	45 d	56 d	56 d-0 d
D1	73.28±0.13a	78.28±0.02c	81.17±0.19c	82.33±0.63b	82.67±0.17c	9.39±0.08cd
D2	72.51±0.07c	78.33±0.11c	82.32±0.26a	84.64±0.23a	85.50±0.19a	13.35±0.15a
D3	72.96±0.08b	77.65±0.21d	81.43±0.19bc	82.35±0.35b	83.04±0.06b	10.08±0.06bc
D4	73.44±0.13a	77.19±0.03e	79.47±0.28de	82.30±0.15b	82.97±0.93bc	9.52±0.52cd
D5	73.43±0.38a	77.26±0.21e	81.26±0.21bc	82.19±0.19b	82.09±0.14bc	8.65±0.29d
D6	72.25±0.10c	79.35±0.09a	81.43±0.16bc	82.40±0.09b	83.05±0.08b	10.80±0.08b
D7	73.37±0.08a	78.83±0.20b	81.82±0.40ab	82.57±0.47b	82.09±0.29b	9.72±0.21c
D8	72.19±0.11c	75.30±0.32f	79.98±0.62d	81.29±0.37c	83.07±0.20b	10.87±0.14b
D9	72.19±0.18c	79.17±0.15a	82.31±0.40a	84.61±0.27a	85.75±0.31a	13.56±0.36a
对照	72.80±0.13b	77.19±0.12e	79.26±0.11e	81.33±0.18c	81.97±0.32d	9.17±0.49cd

表 9 各组饲料对黄金鲤鳃的 a 值的影响

组别	0 d	15 d	30 d	45 d	56 d	56 d-0 d
D1	2.65±0.06bc	1.76±0.04a	0.47±0.06bc	-0.07±0.03b	-0.55±0.05c	-3.20±0.07c
D2	2.84±0.04a	1.35±0.05c	0.87±0.04a	-0.63±0.02d	-0.87±0.00d	-3.71±0.04d
D3	2.88±0.02a	1.30±0.08c	0.91±0.03a	-0.29±0.03c	-0.38±0.00b	-3.26±0.03b
D4	2.60±0.09c	1.80±0.04a	0.61±0.02b	-0.57±0.01d	-0.60±0.02c	-3.20±0.02c
D5	2.60±0.02c	1.87±0.02a	0.83±0.01a	0.13±0.04a	-0.33±0.00b	-2.98±0.02b
D6	2.83±0.02a	1.42±0.03c	0.77±0.11a	-0.22±0.05c	-0.40±0.01b	-3.23±0.03b
D7	2.56±0.03c	0.81±0.06d	0.35±0.01c	-0.57±0.01d	-0.60±0.01c	-3.16±0.01c
D8	2.79±0.06ab	1.40±0.02c	0.56±0.06b	-0.24±0.00c	-0.53±0.01c	-3.32±0.04c
D9	2.76±0.04ab	1.61±0.01b	0.54±0.06b	-0.07±0.02b	-0.87±0.00d	-3.63±0.04d
对照	2.61±0.00c	1.31±0.01c	0.35±0.04c	0.13±0.03a	-0.08±0.04a	-2.69±0.03a

表 10 各组饲料对黄金鲤鳃的 b 值(黄度)的影响

组别	0 d	15 d	30 d	45 d	56 d	56 d-0 d
D1	31.17±0.04cd	38.93±0.29c	43.31±0.16b	45.51±0.02b	45.65±0.06c	14.48±0.04c
D2	33.17±0.04b	40.53±0.11b	44.18±0.06a	48.59±0.06a	49.81±0.00a	16.64±0.11a
D3	30.82±0.10d	33.17±0.04d	42.46±0.10c	45.46±0.09b	47.18±0.41b	16.36±0.04b
D4	33.69±0.10ab	40.32±0.16b	42.52±0.06c	44.04±0.04c	45.71±0.05c	12.02±0.05c
D5	33.54±0.18ab	41.70±0.03a	43.28±0.09b	44.02±0.01c	44.89±0.04d	11.35±0.03d
D6	31.46±0.05cd	39.44±0.05c	42.23±0.05c	43.13±0.06d	45.15±0.04d	13.69±0.04d
D7	31.74±0.53c	38.86±0.51c	43.27±0.25b	45.52±0.02b	47.48±0.08b	15.74±0.02b
D8	34.09±0.41a	42.29±0.06a	44.54±0.14a	45.53±0.25b	47.31±0.01b	13.22±0.14b
D9	34.27±0.22a	41.75±0.14a	43.66±0.30b	48.56±0.13a	49.80±0.09a	15.53±0.21a
对照	31.01±0.06cd	33.05±0.02d	40.28±0.09d	43.84±0.08c	44.78±0.01d	13.77±0.06d

值在 15~56 d 之间处于不断上升变化,0~15 d 增色较缓,30~56 d 增色呈上升的趋势,饵料中万寿菊粉与小球藻共同作用使黄金鲤体色增加更快。

## 4 结 论

万寿菊粉与小球藻共同促进黄金鲤的生长,使体色着色更佳。为考虑经济效益,建议万寿菊粉添加量为 0.04%、小球藻添加量为 0.02% 较为适宜。

## 参 考 文 献

- [1] 丁彦聪,高群,刘家尧,等.环境因子对小球藻生长的影响及高产油培养条件的优化[J].生态学报,2011,18(31):5307-5315.
- [2] 陈颖,李学彬,孙勇如.小球藻生物技术研究应用现状及展望[J].生物工程进展,1998,18(6):11-15.
- [3] 孔维宝,李龙因,张继,等.小球藻的营养保健功能及其在食品工业中的应用[J].食品科学,2010,31(9):323-328.
- [4] 夏金兰,宁进军,陈呈浩,等.耐高温小球藻紫外诱变育种及其耐高温性质研究[J].中南大学学报,2013,44(3):867-873.
- [5] 袁玲,王学梅,王秋菊,等.万寿菊粉的营养价值评定[J].东北农业大学学报,2010,41(10):77-81.
- [6] 王鲁波.天然叶黄素对黄颡鱼生长性能、皮肤着色和抗氧化功能的影响及其在鱼体组织中代谢规律的研究[D].北京:中国农业科学院,2012.
- [7] 孙建民,梁绍昌.锦鲤的品种及其系统关系[J].水利渔业,1987(1):47-48.
- [8] 孟顺龙,王菁,裴丽萍,等.氮磷质量浓度对普通小球藻和鱼腥草生长竞争优势的影响[J].生态环境学报,2015,24(4):659-660.
- [9] 石西,罗智,黄超,等.小球藻替代鱼粉对鲫生长、体组成、肝脏脂肪代谢及其组织学的影响[J].水生生物学报,2015,39(3):499-500.
- [10] 林城丽,张宝龙,白东清,等.万寿菊粉对锦鲤生长及抗氧化能力的影响[J].中国饲料,2017(12):37-41.
- [11] 崔培,盛叶婷,杨燕菁,等.饲料中添加不同藻粉对非洲王子鱼生长、体色及部分生化指标的影响[J].大连海洋大学学报,2018,33(6):716-721.
- [12] 丁小峰.饲料色素对黄颡鱼生长、生理机能及体色的影响[D].苏州:苏州大学,2006.
- [13] 冷向军,石英,李小勤.饲料中添加虾叶黄素对金鱼的体色的影响[J].浙江大学学报,2010,36(2):168-174.
- [14] 宋雪璐,李小勤,王再忠,等.叶黄素对七彩神仙鱼的生长和体色的影响[J].水产学报,2010,41(4):567-568.
- [15] 张宝龙,曲木,王云祥,等.万寿菊粉对黄颡鱼生长及免疫力的影响[J].科技创新导报,2018,15(17):252-256.

【责任编辑:胡 敏】