

文章编号: 1674 - 5566(2012)01 - 0041 - 07

## 不同体色鲤、鲫鳞片的色素分布特点

徐 伟, 耿龙武, 李池陶, 佟广香

(中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070)

**摘 要:** 选取不同体色的鲤 (*Cyprinus carpio*)、鲫 (*Carassius auratus*) 品种为实验对象, 测量和观察了背部鳞片、腹部鳞片, 以及彩色斑纹鳞片的色素组成和分布。结果得出, 鲤、鲫鳞片上层的色素有黑色素、红色素、黄色素 3 种, 分布于鳞片的后区, 其中心区域色素浓密, 外缘区域较稀疏, 占整个鳞片的百分比为 25% ~ 35%。鳞片下层的色素主要是鸟粪素, 镶嵌有少量的黑色素、红色素、黄色素, 分布于鳞片的后区和前区, 约占整个鳞片的百分比为 30% ~ 65%。并归纳总结了鲤、鲫中相近体色品种的鳞片色素分布异同点, 讨论了鸟粪素在鲤、鲫鳞片上的分布特征, 金鲫的体色演化, 以及黑背鲤、黑背鲫中黑色素的遗传特点。

**研究亮点:** 观察了鲤、鲫背部和腹部鳞片上的色素分布状况, 测量分析了鳞片下层色素区、鳞片上层色素区占整个鳞片比例的特点。拍摄了不同体色鲤、鲫鳞片一一对应的色素图谱, 找出了相近体色品种的鳞片色素分布异同点, 这些研究内容为揭示鲤、鲫多姿多彩的体色提供了理论依据。

**关键词:** 鲤; 鲫; 体色; 鳞片; 色素

**中图分类号:** S 917

**文献标志码:** A

鱼类的体色多种多样, 但组成体色的基本色素只有 4 种, 即黑色素、黄色素、红色素和鸟粪素<sup>[1-5]</sup>。在鲤 (*Cyprinus carpio*)、鲫 (*Carassius auratus*) 中体色有青灰色、红色、黄色、白色、蓝色、红白和红黑等较多品种, 鳞片透明易观察, 这为鱼类的体色研究提供了较好实验材料<sup>[4-5]</sup>。许多研究者对不同体色鲤、鲫的鳞片进行了观察, 并描述了其色素种类和组成<sup>[3-5]</sup>, 但有的品种虽然色素组成相同, 由于分布和数量的不同, 也会造成体色较大的差异。本文旨在通过测量和观察不同体色鲤、鲫鳞片的色素分布和数量特点, 归纳了体色相近鱼类鳞片上的色素分布异同点, 以期观赏鱼的体色研究提供的理论基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验鱼来源

实验鱼全部取自黑龙江水产研究所松浦试验场饲养的当年 1 龄鱼, 体重 50 ~ 80 g, 体长 100 ~ 120 mm。挑选不同体色鲜活的鲤、鲫品种,

包括青灰色鲫(野生型)、红色鲫、棕色鲫、青色鲫、黑网纹红色鲫、肉色彩鲫、红斑白色彩鲫、黑斑红色彩鲫、红网纹彩鲫、青灰色彩鲫、青灰色鲤(野生型)、红色鲤、黄色鲤、白色鲤、蓝色鲤等。这里的彩鲫是指水晶彩鲫, 它的身体透明, 少数鳞片分布有鸟粪素<sup>[6]</sup>。

#### 1.2 鳞片色素分布和数量的观察

分别在背部、腹部(背鳍基部鱼体侧线的上、下部分, 图 1-1), 以及不同彩色斑纹处, 用镊子摘取鳞片 5 ~ 6 片, 按正常鳞片上下层放置到载玻片上, 首先在 Nikon SMZ1500 解剖镜下观察鳞片整体色素的分布特点, 利用 Olympus IX70 倒置显微镜放大观察鳞片前区、后区色素的种类和数量, 然后利用锋利的刀片将鳞片下层的鸟粪素层刮去, 再放在解剖镜和显微镜下观察色素的变化。解剖镜的光源为 10 瓦白色日光灯泡, 显微镜光源通过 LBD-IF 和无色毛玻璃滤光片, 使其射入光线都接近于自然白光。通过调节焦距, 待鳞片色素清晰后, 利用 Olympus DP11 数码设备进

收稿日期: 2011-07-28

修回日期: 2011-10-24

基金项目: 黑龙江省科学技术委员会重点研究项目(G96B4-1)

作者简介: 徐 伟(1970—), 男, 研究员, 研究方向为鱼类育种和繁殖。E-mail: xwsc23@tom.com

行拍照。

### 1.3 鳞片观察部位的名称

紧靠皮肤有鸟粪素的一面为鳞片下层,相对另一面为鳞片上层(图 1-2)<sup>[7]</sup>,鳞片的上层色

素区和下层色素区见图 1-3。未被其它鳞片覆盖的扇形区域为鳞片后区,埋在真皮层内被覆盖的区域为鳞片前区;鳞片后区的中心区域和外缘区域见图 1-4。

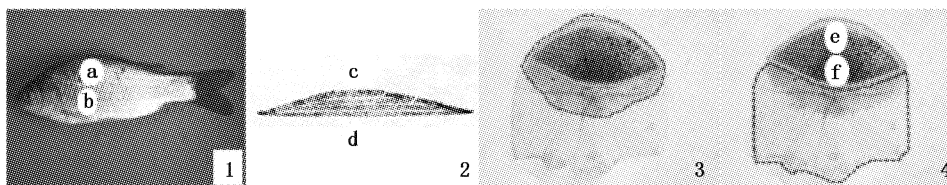


图 1 观察鳞片的部位

Fig.1 The observed zone in scales

1. a 区背部取鳞片处, b 区腹部取鳞片处; 2. 鳞片的纵切面, c 面为鳞片上层, d 面为鳞片下层; 3. 绿线区域为鳞片的上层色素区, 红线区域为鳞片的下层色素区; 4. 绿线区域为鳞片后区, 红线区域为鳞片前区, e 区为鳞片后区外缘观察区域, f 区为鳞片后区中心观察区域。

### 1.4 数据处理

鳞片拍照后,利用 Motic Plus Images 2.0 图像软件测得上层色素区、下层色素区,以及鳞片的面积,数据处理使用 Microsoft Excel 软件在计算机上完成。上层色素区占鳞片的百分比等于上层色素区面积与鳞片面积的比值,下层色素区占鳞片的百分比等于下层色素区面积与鳞片面积的比值。

## 2 结果

### 2.1 不同体色鲤、鲫鳞片色素的观察

在解剖镜下观察了青灰色鲤、红色鲤、黄色鲤、青灰色鲫、红色鲫等几种鱼类鳞片上的色素

分布特点。鳞片上层的色素有黑色素、红色素、黄色素 3 种,分布于鳞片的后区,其中心区域色素浓密,外缘区域较稀疏,这部分色素不易被刀片刮掉,经测量上层色素区约占整个鳞片的百分比为 25% ~ 35%。鳞片下层的色素主要是鸟粪素,镶嵌有少量的黑色素、红色素、黄色素,分布于鳞片的后区和前区,这部分色素易被刀片刮掉,经测量下层色素区约占整个鳞片的百分比为 30% ~ 65%。从表 1 的测量结果来看,在同一品种腹部鳞片比背部鳞片的上层色素区面积大 2% ~ 10%,下层色素区面积大 10% ~ 15% (彩鲫除外)。

表 1 不同体色鲤、鲫鳞片色素区占的百分比

Tab.1 The percent of chromatophore zone in different body color carp and crucian carp

鱼类品种	背部鳞片		腹部鳞片		%
	上层色素区	下层色素区	上层色素区	下层色素区	
青灰鲫	29.9 ± 0.9	51.5 ± 2.1	32.0 ± 2.3	65.3 ± 6.0	
红色鲫	28.5 ± 1.0	53.6 ± 0.9	30.2 ± 1.4	64.9 ± 3.7	
青灰彩鲫	27.8 ± 0.6	-	30.4 ± 1.6	-	
青灰色鲤	30.1 ± 1.1	42.9 ± 1.0	33.9 ± 1.8	56.9 ± 4.9	
荷包红鲤	27.0 ± 0.5	41.2 ± 2.2	29.4 ± 1.2	54.3 ± 1.4	
黄色鲤	24.3 ± 0.6	40.7 ± 1.4	35.1 ± 1.9	56.0 ± 1.8	
蓝色鲤	28.6 ± 2.1	39.3 ± 4.3	33.8 ± 1.7	50.3 ± 1.3	
白色鲤	28.9 ± 3.4	31.0 ± 5.5	31.1 ± 2.6	41.8 ± 3.0	

注:“-”表示没有色素分布。

### 2.2 相近体色鲤鲫的鳞片色素分布特点

#### 2.2.1 青灰色鲤、青灰色鲫、青灰透明彩鲫、蓝色鲤

青灰色鲤、青灰色鲫的鳞片都分布有红色

素、黑色素和鸟粪素(图版 I-1, I-2),二者没有明显的差异。

青灰色彩鲫的鳞片分布有红色素、黑色素(图版 I-3),特点是缺失了鸟粪素,当青灰鲫刮

去鳞片下层的鸟粪素层(图版 I - 4),二者没有明显差异。

蓝色鲤的鳞片分布有黑色素、鸟粪素(图版 I - 5),特点是缺失了红色素,由于青灰色鲤的红色素表现出的红体色不明显,在一定光线环境下,有时肉眼观察二者的体色差异不明显,但仔细辨认还是能够分清楚的。

#### 2.2.2 红色鲤、淡红色鲤、黄色鲤、银黄色鲤

红色鲤、淡红色鲤的鳞片分布有红色素、鸟粪素(图版 I - 6,7),二者的区别是淡红色鲤的红色素稀疏,成点状,可查清个数,而红色鲤的红色素密集,成团状、片状,无法分清个数。

黄色鲤、银黄色鲤的鳞片分布有黄色素、鸟粪素(图版 I - 8,9),二者的主要区别是银黄色鲤鳞片鸟粪素的紫色、蓝色结晶明显多于黄色鲤。

#### 2.2.3 红色鲫、棕色鲫、青色鲫

红色鲫的鳞片分布有红色素、鸟粪素(图版 I - 10),棕色鲫和青色鲫的鳞片分布有红色素、黑色素、鸟粪素(图版 I - 11,12)。而棕色鲫,青色鲫来源于红色鲫鳞片的黑色素没有完全消失退化的个体<sup>[6,8-9]</sup>,由于黑色素、红色素比例的不同就形成了各自色彩。

#### 2.2.4 白色鲫、白色鲤、肉白彩鲫

白色鲫、白色鲤的鳞片只有一种鸟粪素分布(图版 II - 1,2),在显微镜下观察发现,背部鳞片的鸟粪素大多是白色结晶,蓝色和紫色结晶较少,肉眼观察背部色彩暗淡,为灰白体色;而腹部鳞片的鸟粪素中除白色结晶外,还有大量的蓝色、紫色结晶,肉眼观察腹部色彩明亮,为银白体色。

肉白彩鲫的鳞片无色素分布或个别鳞片有鸟粪素(图版 II - 3),背部和腹部的色彩差异不明显,肉眼观察体色主要是肌肉和内脏的色彩。当白色鲫去掉了鳞片下层的鸟粪素时(图版 II - 4),二者没有明显差异。

#### 2.2.5 红斑白色彩鲫、黑斑红色彩鲫、红网纹彩鲫、黑网纹红色鲫

红斑白色彩鲫的多数鳞片都无色素分布,但在红色斑块部位的鳞片上有红色素(图版 II - 5)。黑斑红色彩鲫的多数鳞片分布只有红色素,但在黑色斑块部位的鳞片(样本的黑色斑块分布在少数有鸟粪素鳞片上)有红色素、黑色素、鸟粪

素(图版 II - 6);红网纹彩鲫的鳞片分布只有红色素(图版 II - 7),特点是红色素分布于鳞片的中心,外缘较少。黑网纹红色鲫的鳞片分布有红色素、黑色素、鸟粪素(图版 II - 8),特点是黑色素分存于鳞片的中心,外缘较少。

#### 2.2.6 黑背红色鲫、黑背白色鲤

黑背红色鲫的背部鳞片有红色素、黑色素、鸟粪素,腹部鳞片有红色素、鸟粪素;黑背白色鲤的背部鳞片、腹部鳞片只有鸟粪素。肉眼观察黑背红色鲫的背部黑体色较明显,表现出深黑色;而黑背白色鲤的背部黑色不清晰,表现出浅蓝黑色。通过解剖观察发现,黑背红色鲫的黑色素分布于鳞片和皮肤外层(图版 II - 9,10),而黑背白色鲤的黑色素分布在皮肤的内层(图版 II - 11,12)。

### 3 讨 论

#### 3.1 不同体色鲤、鲫鳞片的色素分布特点

组成鲤、鲫体色的色素只有 4 种,为黑色素、黄色素、红色素、鸟粪素,主要分布于鳞片的上层色素区和下层色素区(无鳞品种除外),由于组合不同,大小不同,形状不同,就形成了多种多样的不同体色<sup>[5]</sup>。在本研究工作中发现由于鲤、鲫鳞片上的色素分布不均性和重叠性,很难用定量的数据测定色素的多少,因此,也只能用定性的词来进行概括和描述。但从鳞片上的色素测定(表 1)来看,基本可以得到以下结论,鲤、鲫鳞片上的色素占的比例鳞片下层大于鳞片上层;同一品种的上、下层色素占的比例腹部鳞片都大于背部鳞片;不同品种的上层色素占的比例差异较小,下层色素差异较大。由于鳞片上的色素受到不同品种、个体和观察部位等的影响,以上只是粗略的从定性角度分析了观察结果,期待有好的定量方法来分析鳞片上的色素分布规律。

#### 3.2 鲤、鲫鳞片上的鸟粪素分布特点

多数鱼类的背部体色较暗淡,腹部较明亮,这是鱼类为了适应生存环境长期进化和结果。从本研究的观察结果来看,引起这种明暗色彩的原因主要是鸟粪素反射光线的不同。在显微镜下鸟粪素可表现为白色、蓝色和紫红 3 种色彩,背部鳞片多数是白色结晶,蓝色和紫色结晶较少,腹部鳞片蓝色和紫色的结晶较多,从背部到腹部的鳞片蓝色、紫色结晶有逐渐增多趋势。白

色鲫的鳞片由于色素只有鸟粪素,很容易观察到这一现象,而青灰色鲤、荷包红鲤、黄色鲤、红色鲤等由于受到其它色素的影响不如白色品种那么明显。目前,国内外对鱼类鸟粪素的组成结构研究还较少,在显微镜下为什么会有3种色彩还有待于研究。

### 3.3 金鲫的演化和色素分布特点

在金鱼的品种分类中,金鲫属于草族,是野生鲫演化成金鱼最原始的中间过渡类型,本文中的红色鲫、棕色鲫、青色鲫、白色红斑鲫、红色黑斑鲫都属于金鲫<sup>[3]</sup>。许多研究者发现金鲫在幼鱼期为青灰色,鱼苗生长到50 d左右时黑色素开始逐渐消失转变成红色<sup>[5,9]</sup>。通过本实验观察,在金鲫的体色演化过程中,总会有一部分个体的黑色素退化不完全,或者是红色素表现不完全,出现了青色、棕色、白色、黑色、红白杂色、红黑杂色等鲫鱼,伍惠生等还发现有些黑色个体在2~3年后还能退色成为红色个体。这些研究表明金鲫的体色演化较复杂,在幼鱼期不同色素的分布和数量会发生较大变化,鱼体的黑色是一个不稳定的色彩。

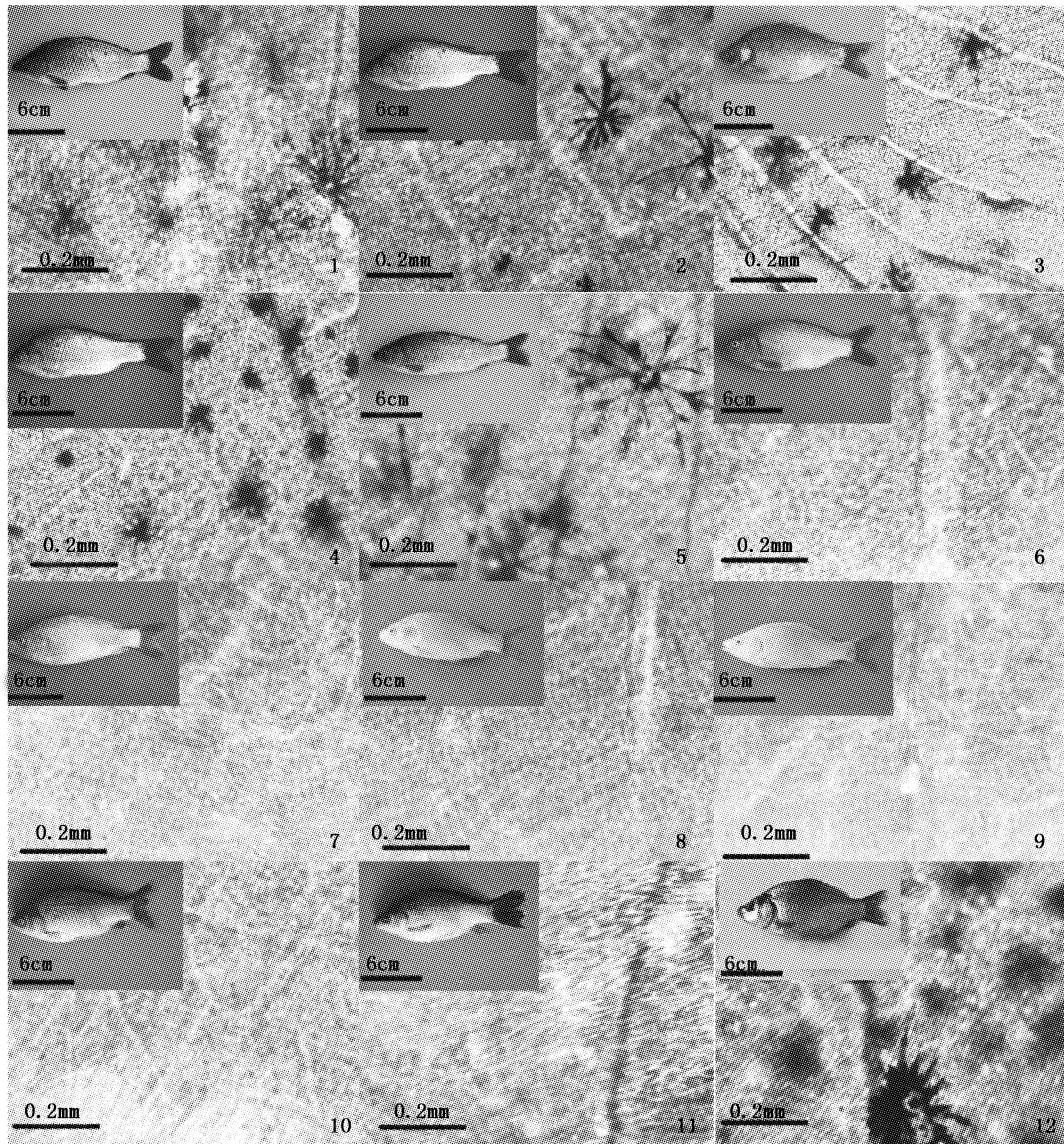
### 3.4 黑背鲤、黑背鲫的色素特点

黑色素是鱼类形成不同体色的重要因子,在胚胎期就可能出现<sup>[1]</sup>。笔者在对鲤鲫体色研究过程中,除黑体色和黑色花斑体色外,还发现有部分红色鲫、白色鲤、黄色鲤、红色鲤的背部两侧显示黑色。解剖观察发现,黑背红色鲫的黑色素分布于鳞片和皮肤外层,而黑背白色鲤、红色鲤、

黄色鲤的黑色素分布在皮肤的内层。这种黑背鲤和黑背鲫在红色鲫自交、白色鲤自交、黄色鲤自交,以及(红色鲤×黄锦鲤)杂交的子代中都有出现过,而且个体也并非少数<sup>[10]</sup>,笔者推测这种现象可能是鲤、鲫的一种遗传现象。但有的品种背部黑色素为什么在皮肤的内层,“黑背”性状是由那些基因控制还有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 普契科夫 H. B. 鱼类生理学[M]. 何大仁,译. 上海:上海科学技术出版社,1959:188-202.
- [2] 勃朗 M. E. 鱼类生理学(下册)[M]. 费鸿年,译. 北京:科学出版社,1963:381-398.
- [3] 陈桢. 金鱼家化与变异[M]. 北京:科学出版社,1959:35-38.
- [4] 王春元. 金鱼的变异与遗传[M]. 北京:中国农业出版社,2007:12-13.
- [5] 徐伟,李池陶,曹顶臣,等. 几种鲤鲫鳞片色素细胞和体色发生的观察[J]. 水生生物学报,2007,31(1):67-72.
- [6] 徐伟. 透明金鱼的命名和分类地位探讨[J]. 上海海洋大学学报,2009,18(5):559-564.
- [7] 孟庆闻,缪学祖,俞泰济,等. 鱼类学[M]. 上海:上海科技出版社,1989:29-38.
- [8] 伍惠生,傅毅远. 中国金鱼[M]. 天津:天津科学出版社,1983:29-46.
- [9] 王占海,王金山,姜仁. 金鱼的饲养与观赏[M]. 上海:上海科学技术出版社,1995:171-176.
- [10] 徐伟,李池陶,曹顶臣,等. 黄色鲤、蓝色鲤、红色鲤杂交的体色、鳞被遗传特性[J]. 动物学杂志,2010,45(5):9-17.

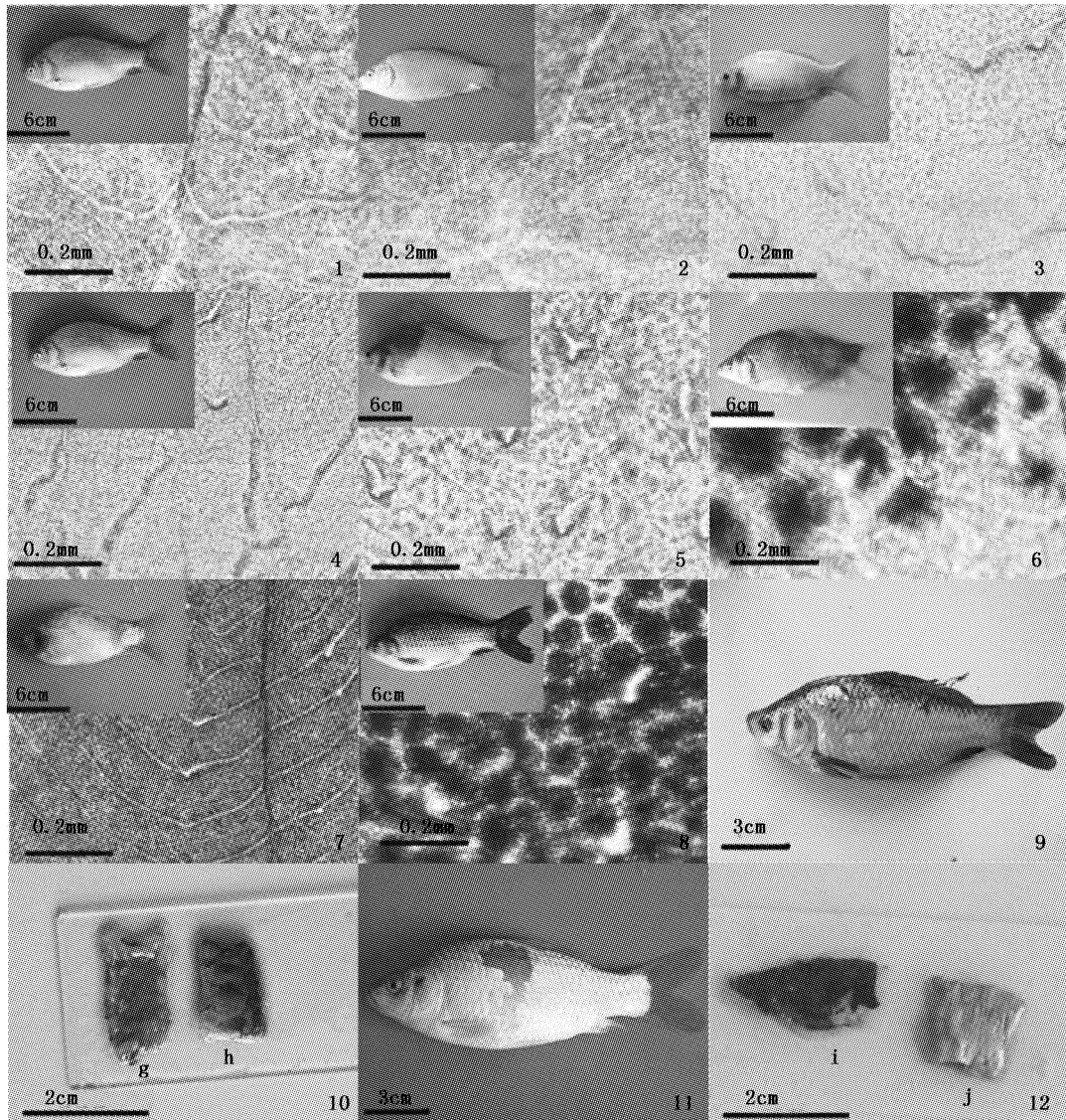


图版 I 不同体色鲤、鲫鳞片的色素分布特点

**Plate I The distribution characteristics on scale chromatophore of carp and crucian carp in different body colors**

1. 青灰色鲤和腹部鳞片外缘的色素; 2. 青灰色鲫和腹部鳞片外缘的色素; 3. 青灰色彩鲫和腹部鳞片外缘的色素; 4. 青灰色鲫和刮去鸟粪素层后腹部鳞片外缘的色素; 5. 蓝色鲤和腹部鳞片外缘的色素; 6. 红色鲤和腹部鳞片外缘的色素; 7. 淡红色鲤和腹部鳞片外缘的色素; 8. 黄色鲤和腹部鳞片外缘的色素; 9. 银黄色鲤和腹部鳞片外缘的色素; 10. 红色鲫和腹部鳞片外缘的色素; 11. 棕色鲫和腹部鳞片外缘的色素; 12. 青色鲫和腹部鳞片外缘的色素。





图版 II 不同体色鲤、鲫鳞片的色素分布特点

**Plate II The distribution characteristics on scale chromatophore of carp and crucian carp in different body colors**

1. 白色鲫和腹部鳞片外缘的色素; 2. 白色鲤和腹部鳞片外缘的色素; 3. 肉白色彩鲫和腹部鳞片外缘的色素; 4. 白色鲫和刮去鸟粪素层后腹部鳞片外缘的色素; 5. 红斑白色彩鲫和红斑鳞片外缘的色素; 6. 黑斑红色彩鲫和黑斑鳞片外缘的色素; 7. 红网纹彩鲫和腹部鳞片中心的色素; 8. 黑网纹红色鲫和腹部鳞片中心的色素; 9. 黑背红色鲫; 10. g 为黑背红色鲫的皮肤内层, h 为黑背红色鲫的皮肤外层; 11. 黑背白色鲤; 12. i 为黑背白色鲤的皮肤内层, j 为黑背白色鲤的皮肤外层。

## The distribution characteristics on scale chromatophore of carp and crucian carp in different body colors

XU Wei, GENG Long-wu, LI Chi-tao, TONG Guang-xiang

(Heilongjiang River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Composition and distribution of chromatophore on back scales, abdomen scales, and color pattern scales were studied on varieties of carp (*Cyprinus carpio*) and crucian carp (*Carassius auratus*) with different body colors. The results showed that the chromatophores on upper layer were melanin, red pigment and yellow pigment, which were distributed on the back area and accounted for 25% – 35% of the scale; the main chromatophore on lower layer was guanine, with a little melanin, red pigment and yellow pigment, which were distributed on the proparea and back area, and accounted for 30% – 65% of the scale. Based on the analysis, we summarized the differences of chromatophore distribution between varieties with similar body color; discussed the distribution of guanine on carp and crucian carp, the evolution of the body color on one of *Carassius auratus* variety with red color, and the genetic characteristics of melanin on varieties of carp and crucian carp.

**Key words:** *Cyprinus carpio*; *Carassius auratus*; body color; scale; chromatophore