

几种鲤鲫鳞片色素细胞和体色发生的观察

徐伟 李池陶 曹顶臣 尹家胜

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070)

摘要:通过普通鲫、红鲫、水晶彩鲫、普通鲤、蓝鲤、荷包红鲤和锦鲤的不同色彩鳞片色素细胞和体色发生过程观察, 确定组成鳞片的色素细胞有4种: 红色素、黄色素、黑色素和鸟粪素细胞, 分布在鳞片的上层和底层, 由于组合不同、大小不同和形状不同, 就形成了多种多样的不同体色。本研究描述了不同品种鲤、鲫鱼从出苗到体色形成的发生过程, 总结和归纳了不同时期体色变化的异同点, 以期为鱼类的体色研究提供理论依据。

关键词: 鲤鱼; 鲫鱼; 鳞片; 色素细胞; 体色; 发生

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2007)01-0067-06

鱼类的体色多种多样, 不同品种、个体和雌雄之间都可能不同, 同一个体摄食不同饵料或在不同水域环境中也会出现差异, 这主要由于体表色素细胞的不同和光的干涉现象共同作用的结果。组成鱼类的基本色素细胞有4种: 黑色素、黄色素、红色素和鸟粪素细胞, 鸟粪素细胞含有结晶鸟粪素, 主要起着反射光线的作用^[1-4]。

鲤、鲫鱼的不同品种中, 有许多的基因突变种如金鱼、锦鲤等, 它们的体色变异性较大, 有红、黄、白、黑、蓝、紫、红白、红黑、白黑等体色, 这为体色的研究提供了很好的实验材料^[5-9]。我国学者陈桢先生对不同体色的金鱼鳞片进行了观察, 简单描述了不同体色的鳞片色素细胞组成^[1]; 伍惠生和王占海等初步观察了金鱼不同体色的发生过程^[8, 9]; 刘金海等测定了日光、空气、温度、酸碱度和有机物等对草金鱼总色素稳定性的影响^[10, 11]; 日本学者在锦鲤的品种形成、体色遗传和色彩的加深等方面进行了较深入的研究^[5, 7]。本文旨在通过普通鲫、红鲫、水晶彩鲫、普通鲤、蓝鲤、荷包红鲤和锦鲤的不同色彩鳞片色素细胞和体色发生观察, 总结和归纳它们的异同点, 以期为观赏鱼的体色研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼 实验鱼选择有鳞的鲤、鲫鱼种类, 包

括野生型普通青灰色鲫鱼和鲤鱼(下称普通鲤和普通鲫), 金鱼中的水晶彩鲫和红鲫, 荷包红鲤、蓝鲤和锦鲤。全部取自黑龙江水产研究所松浦试验场土池饲养的当年1龄鱼, 体重为100—200g。

1.2 鳞片色素细胞的观察 在鱼体侧线上鳞部位, 取鲜活不同品种鲤、鲫鱼的鳞片3—4片, 按正常鱼鳞上下层(鸟粪素层为下层)放置到载玻片上, 使用olympus IX70倒置显微镜观察, 射入光线通过LBD-IF和无色毛玻璃滤光片, 使光线接近于自然白光。首先观察鳞片色素细胞的整体分布, 然后用锋利的小刀片, 以鳞焦为中心, 鳞片前区和后区的连线为中轴, 在鳞片下层横向刮去一半鸟粪素层, 通过调节显微镜的焦距, 再观察鳞片上下层色素细胞发生的变化, 用olympus DP11数码相机拍照。

1.3 体色发生的观察 2003年5月27日, 各取150尾刚出苗的不同品种鲤、鲫仔鱼, 分别放入半径为1m的圆形铁罐中, 水深为0.4m, 保持自然水温(16—29℃), 先期15d投喂水蚤, 后期投喂人工颗粒饲料, 保证饵料充足。6月10日前每天用显微镜和解剖镜观察1次, 7月10日前2d观察1次, 以后3d观察1次, 9月20日实验结束。当体色发生较大变化时进行记录和拍照。

2 结果

2.1 不同品种鲤鲫鳞片色素细胞的观察

不同体色鲤、鲫鱼都是青灰体色(野生型)的基

收稿日期: 2005-06-22; 修订日期: 2006-10-19

基金项目: 黑龙江省科委重点研究项目(G96B4—1)资助

作者简介: 徐伟(1970—), 男, 山东曹县人; 副研究员; 主要从事鱼类育种和繁殖研究

通讯作者: 徐伟, Tel: 0451-84861310, E-mail: xwsc23@tom.com

因发生突变所致,后又经人工选育而来的。虽然体色发生了较大变化,但是组成的色素细胞却只有4种:红色素细胞、黄色素细胞、黑色素细胞和鸟粪素细胞。从观察的结果表1来看,由于色素细胞组合不同,大小不同,形状不同,分布的层面不同,因而就形成了多种多样的体色。

色素细胞分布于鳞片的上层和下层,在鳞片后区(未被其他鳞片覆盖的扇形区域,又称顶区)色素细胞较丰富(图版-1)。而在鳞片前区(埋在真皮层内被覆盖的区域,又称基区),与后区相连的部分区域,鳞片下层有鸟粪素层,在这一区域内还分布有稀疏的红色素和黄色素细胞(图版-2)。

鸟粪素细胞(又称虹彩细胞)为长条型,短棒状,

排列紧密,只分布于鳞片的下底(图版-3)。红色素和黄色素细胞相近,为圆点状、团状和弥散状(图版-4,5,6,10),在鳞片下层的为圆点状,较上层稀疏(图版-2)。黑色素细胞有2种,一种是分枝不明显,个体相对较小,主要分布在鳞片上层后区(图版-1);另一种是有明显的分枝,个体较大,在鳞片的下层,分布于鳞片后区的外边缘(图版-11)。

不同品种鲤、鲫鱼的鳞片色素细胞组成都有其特点,水晶彩鲫多数种类的鳞片鸟粪素层基本缺失;红鲫主要是红色素细胞,但有些个体局部存在黑色素细胞;锦鲤鳞片色彩较多样,有红色素、黄色素、黑色素和鸟粪素4种细胞组成;荷包红鲤为红色素细胞;蓝鲤的鳞片无红、黄色素细胞,鸟粪素层大部分表现为蓝色的结晶体。

表1 几种鲤鲫鳞片色素细胞的组成

Tab.1 Composition on scale chromatophore of carp and crucian carp

品种 Variety	鳞片 表现型 Scale color	图号 Number of pictures	鳞片上层色素细胞 Upper layer of scale			鳞片下层色素细胞 Lower layer of scale			
			红色素 Erythrophore	黄色素 Xanthophore	黑色素 Melanophore	红色素 Erythrophore	黄色素 Xanthophore	黑色素 Melanophore	鸟粪素 Guanophore
普通鲤 Common carp	青灰色 gray	No.-1,2*	+	-	+	+	-	+	+
普通鲫 Common crucian carp	青灰色 gray	No.-1,2	+	-	+	+	-	+	+
水晶彩鲫 Transparent color crucian carp	无色透明 colorless transparent	No.-7	-	-	-	-	-	-	-
	红色 red	No.-3,4	+	-	-	-	-	-	-
	银白色 # silver	No.-8*	-	-	-	-	-	-	+
红鲫 Red crucian carp	红色 red	No.-6	+	-	-	+	-	-	+
	银白色 sliver	No.-8	-	-	-	-	-	-	+
	黑色 black	No.-9	+	-	+	+	-	+	+
锦鲤 Ornamental carp	红色 red	No.-6*	+	-	-	+	-	-	+
	黄色 yellow	No.-10	-	+	-	-	+	-	+
	黑色 black	No.-9*	+	-	+	+	-	+	+
	银白色 sliver	No.-8*	-	-	-	-	-	-	+
荷包红鲤 Red purse carp	红色 red	No.-6*	+	-	-	+	-	-	+
蓝鲤 Blue carp	蓝色 blue	No.-11	-	-	+	-	-	+	+

注:“+”表示有这种色素细胞,“-”没有这种色素细胞

“*”表示与标注的号码图像相似;“#”表示本品种这种色彩的鳞片较少

Notes:“+” means presence, otherwise, absence

“*” means similar photos with marking number; “#” means rare scale

2.2 几种鲤鲫体色的发生和异同点

5月27日(出苗)—6月5日

普通鲤、普通鲫、红鲫和水晶彩鲫的体色特征相似,刚出苗的仔鱼有较大分枝状黑色素细胞,主要分

布在头部和侧线中部,其他部位较少,身体透明,鱼苗整体观察表现为浅黑灰色(图版-13)。

荷包红鲤和锦鲤的体色相似,刚出苗的仔鱼除眼部外,其他部位无黑色素细胞,身体透明,鱼苗整

体表现为淡黄色。

6月6日—6月12日

黄、红色素细胞开始形成,在显微镜下可观察到圆点状色素细胞(图版-14,15)。

普通鲤、普通鲫、红鲫、荷包红鲤和锦鲤在鳃盖和腹膜壁层开始形成银白色内膜,水晶彩鲫没有出现银白色腹膜壁层(图版-16)。

锦鲤身体开始出现黑色素细胞,不同体色开始分化。

普通鲤、普通鲫、红鲫和水晶彩鲫的黑色素细胞逐渐增多(图版-14)。

6月13日—6月22日

鳞片开始形成,除水晶彩鲫外,其他鱼的银白色腹膜壁层完全形成。

普通鲤、普通鲫、红鲫的体色相似,都为青灰色。

锦鲤体色分化明显,出现红白,红黑,白黑等花色。

荷包红鲤的红色加深,只有一种色彩。

水晶彩鲫的体色开始分化,整体表现为透明淡红色,但还不能明显分辨出红白、红色和肉白色等体色。

6月23日—7月3日

鳞片基本形成,水晶彩鲫身体透明,其他鱼不透明。

普通鲤、普通鲫和荷包红鲤已基本形成成体的体色。

锦鲤的体色分化更明显,不同色素的颜色进一步加深,初步可确定成体后的体色。水晶彩鲫不同体色的分化更明显,已能分辨出不同的体色。

红鲫与普通鲫体色相似,为银灰体色。

7月4日—7月20日

普通鲤、普通鲫、水晶彩鲫、荷包红鲤、锦鲤都已基本形成了成体的体色。

红鲫的体色开始分化,黑色素逐渐变淡变少,红色素增多,体色为浅红色。

7月21日—8月20日

红鲫出现了红色、红白、银白、青褐色等个体,色彩从浅到深进一步分化。

8月21日—9月10日

红鲫分化基本完成,但仍有一部分为青灰色和银白色个体,不能转化成红色,但青灰色个体较普通鲫的青灰色深一些,肉眼较易分辨。

3 讨 论

3.1 鳞片色素细胞的分布对体色表现型的影响

鸟粪素细胞是鱼类形成不同体色的一个重要因子,研究者发现它不是真正的有色物质,而是有机体

中核蛋白类分解积累的嘌呤基,能将光线从表面反射出来,这种物质对鱼体呈现银白色起了极大作用^[3]。M.E 勃朗也提到它是表现白色色彩,以及鱼类皮肤的银色彩光、针状的蓝色和青色的因素^[4]。本实验在显微镜下观察,鸟粪素主要表现为白色、蓝色和紫红3种色彩结晶体,由于不同结晶体所占比例的不同,表现出的鳞片色彩也不同。如普通鲤、普通鲫鱼、黄锦鲤、荷包红鲤和红鲫等白色结晶所占的面积比例较大,表现出银白色,蓝鲤蓝色结晶面积比例较大,表现出蓝体色,水晶彩鲫因缺失而表现出透明体色。实验还发现这种鸟粪素结晶体物质不稳定,如蓝鲤在阴暗的地方,饲养一段时间,蓝色会变淡、变白;黄锦鲤体色会向乳白色转化;死亡的鱼放置在空气中一段时间,银白色的鳞片逐渐转变淡蓝色;这表明随着环境的变化,鱼体分解的结晶物会发生变化,它的机理有待深入研究。

许多锦鲤和彩鲫的种类中,有不同色彩的斑纹,如红体色有黑斑和白斑,白体色有红斑和黑斑等。通过观察,斑纹的色素细胞比鱼体的色素细胞排列更致密、色彩也更深,因而,有斑纹比没斑纹的种类体色更艳丽一些。

黑色素细胞有2种表现型,较大的一种黑色较明显,主要分布在鳞片后区的外边缘,而较小的一种分布在中间部分,这就形成了中间浅,边缘深的色差,使一些种类鱼表现出全身鳞片成网纹状的结构。

水晶彩鲫、红鲫和锦鲤中有黑色的个体或局部有黑色的鳞片,通过观察,黑色的鳞片既有黑色素,也有红色素,只是黑色素较致密,将红色掩盖(图版-9)。在金鱼中,许多研究者还发现这种黑色个体在2—3年后易退色成为红色个体^[8,9],本实验中发现了这样的鳞片,有黑色素的枝叉状细胞,但没有黑色素(图版-12),证明了这一体色发生转化的过程。

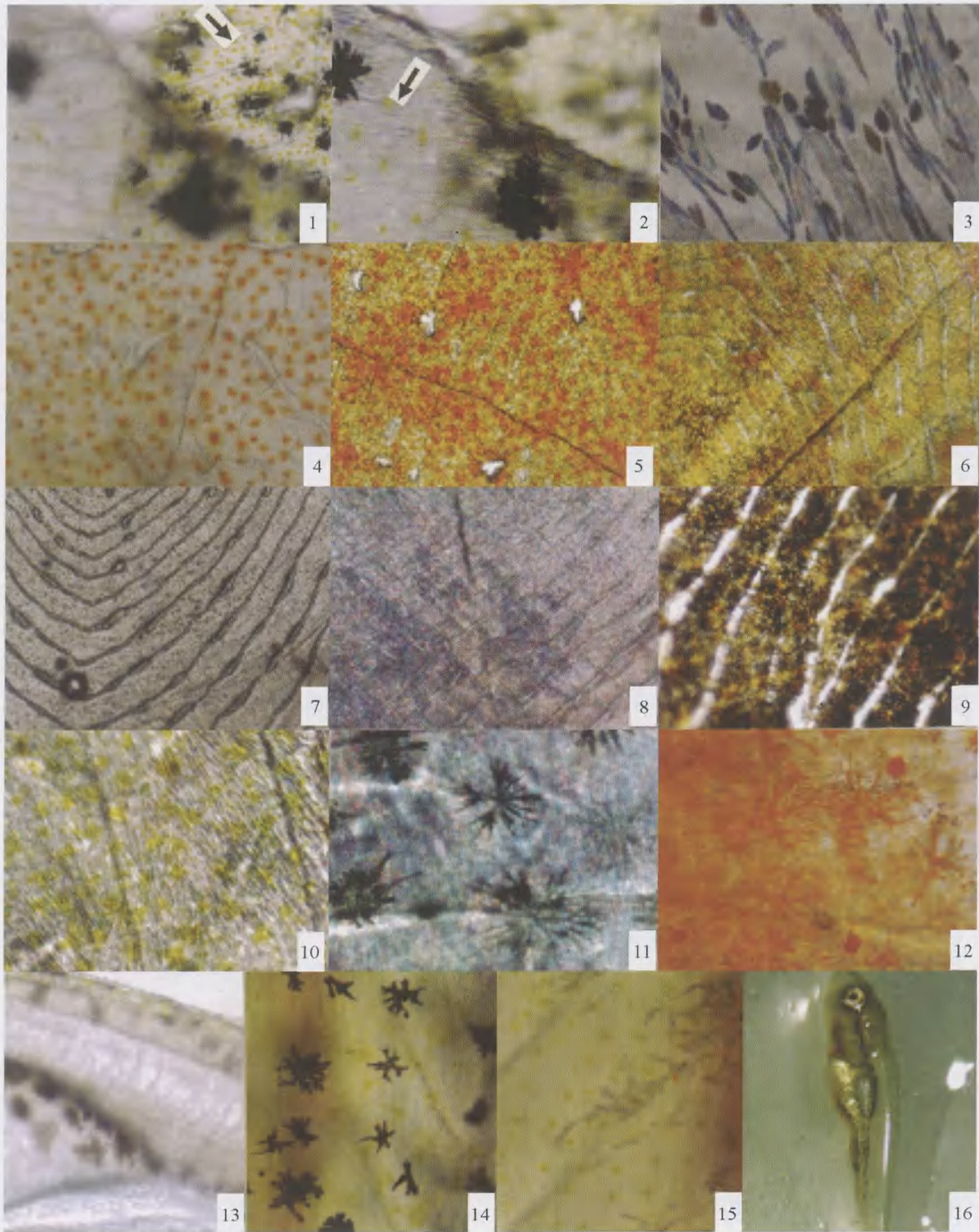
3.2 红鲫和水晶彩鲫的遗传特性

金鱼是由野生的鲫鱼演化而来^[1,8,9],许多研究者从鱼类的杂交、胚胎发育、染色体、生物化学、分子生物学等方面都证明了它们的相似性^[12,13]。红鲫和水晶彩鲫是金鱼的不同品种,本实验中却发现两者在表型和遗传上有较大差异性。表型的主要区别:红鲫鱼的鳞片鸟粪素层完全,水晶彩鲫几乎完全缺失;水晶彩鲫出苗25d左右体色开始分化,红鲫出苗50d左右才开始逐渐转变成红色;红鲫鱼的腹膜脏层黑色素细胞分布密集均匀,水晶彩鲫缺失^[14];水晶彩鲫的体色与鸟粪素鳞片的数量有相关性^[15]。

遗传方面的区别:红鲫和水晶彩鲫杂交,水晶彩鲫的彩色表现为显性,红鲫的红色表现为隐性^[15];水晶彩鲫与荷包红鲤、锦鲤的杂交,子代的体色表现为水晶彩色和青灰色2种鲤鲫杂种,成活率较低;红鲫与荷包红鲤、锦鲤的杂交,子代的体色表现为青灰色1种鲤鲫杂种,成活率正常^[16]。从以上的结果初步确定,水晶彩鲫与红鲫在遗传特性上已有了本质的变化。

参考文献:

- [1] Chen J. Evolvement and variation of goldfish [M]. Beijing: Science Press. 1959, 35—38 [陈桢. 金鱼家化与变异. 北京:科学出版社. 1959, 35—38]
- [2] Meng Q W, Liao X Z, Yu T J, et al. Ichthyology [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Press. 1989, 29—38 [孟庆闻, 缪学祖, 俞泰济, 等. 鱼类学. 上海:上海科学技术出版社. 1989, 29—38]
- [3] Проф. Н. В. Пучков. Fish Physiology (He D W Translation) [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Press. 1959, 185—202 [H. B. 普契科夫. 鱼类生理学(何大仁译). 上海:上海科学技术出版社. 1959, 185—202]
- [4] Brown. M. E. Fish Physiology Volume II (Fei H N Translation) [M]. Beijing: Science Press. 1963, 381—398 [M. E 勃朗. 鱼类生理学(下册)(费鸿年译). 北京:科学出版社. 1963, 381—398]
- [5] 松井佳一. 锦鲤の遗传、金鱼と锦鲤—观赏と飼い方[M]. 金园社. 1936, 36—50
- [6] Chen Z. Domestic history for goldfish and evolution factors for breed formation [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1954, 6(2): 89—116 [陈桢. 金鱼家化史与品种形成的因素. 动物学报, 1954, 6(2): 89—116]
- [7] Zhang S H, Yu Q H, Zhao C P. Goldfish, Ornamental carp, Tropical fish [M]. Beijing: Jindun Press. 1990, 1—2:90—98 [张绍化, 郁倩辉, 赵承萍. 金鱼、锦鲤、热带鱼. 北京:金盾出版社. 1990, 1—2: 90—98]
- [8] Wu H S, Fu Y Y. China goldfish [M]. Tianjing: Tianjing Science Press. 1983, 29—46 [伍惠生, 傅毅远. 中国金鱼. 天津:天津科学出版社. 1983, 29—46]
- [9] Wang Z H, Wang J S, Jiang R. Culture and view of goldfish [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Press. 1995, 171—176 [王占海, 王金山, 姜仁. 金鱼的饲养与观赏. 上海:上海科学技术出版社. 1995, 171—176]
- [10] Liu J H, Wang A L, Wang W N. Stability of total pigment in grass goldfish (I)-Effects of sunlight, atmosphere, temperature and metal ions [J]. *Fisheries Science*, 2005, 24(2): 9—11 [刘金海, 王安利, 王维娜. 草金鱼总色素稳定性研究(I)-日光、空气、温度和金属离子对草金鱼总色素稳定性的影响. 水产科学, 2005, 24(2): 9—11]
- [11] Liu J H, Wang A L, Wang W N. Stability of total pigment in grass goldfish (II)-Effects of pH, vitamins and organic compounds [J]. *Fisheries Science*, 2005, 24(3): 7—9 [刘金海, 王安利, 王维娜. 草金鱼总色素稳定性研究(II)-酸碱度、维生素和有机物对草金鱼总色素稳定性的影响. 水产科学, 2005, 24(3): 7—9]
- [12] Wang X M, Guo L. Progress of studies on the origin and phylogenesis of goldfish [J]. *Journal of Tianjin Agricultural College*, 1999, 6(1): 27—30 [王晓梅, 郭立. 金鱼起源和系统演化的研究进展. 天津农学院学报, 1999, 6(1): 27—30]
- [13] Liang Q J. Studies on the origin and phylogenesis of goldfish [J]. *Bulletin of Biology*, 1995, 30(3): 14—16 [梁前进. 金鱼起源及演化的研究. 生物学通报, 1995, 30(3): 14—16]
- [14] Xu W, Cao D C, Li C T. Preliminary observation on peritoneum's chromatophore of carp and crucian carp [J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2005, 18(1): 66—68 [徐伟, 曹顶臣, 李池陶. 几种鲤、鲫鱼腹膜色素细胞的初步观察. 水产学杂志, 2005, 18(1): 66—68]
- [15] Xu W, Bai Q L, Liu M H, et al. Body color of filial generation from color crucian carp and red crucian carp [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 6(1): 33—36 [徐伟, 白庆利, 刘明华, 等. 彩鲫与红鲫杂交种体色遗传的初步研究. 中国水产科学, 1999, 6(1): 33—36]
- [16] Xu W, Cao D C, Li C T, et al. Studies on growth and body color of hybrids produced between transparent color crucian carp, red Crucian carp, ornamental carp and red purse carp [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2005, 29(3): 339—343 [徐伟, 曹顶臣, 李池陶, 等. 水晶彩鲫、红鲫、锦鲤、荷包红鲤杂交子代的生长和体色研究. 水产学报, 2005, 29(3): 339—343]



图版

1. 普通鲤鳞片上层后区色素细胞清晰(箭头);2. 普通鲤鳞片下层前区色素细胞清晰(箭头);3. 普通鲤鳞片下层鸟粪素细胞;4. 水晶彩鲫淡红色鳞片圆点状色素;5. 水晶彩鲫红色鳞片团状色素;6. 红鲫红色鳞片弥散状色素;7. 水晶彩鲫透明无色鳞片;8. 红鲫中银白色鳞片色素;9. 红鲫中黑色鳞片色素;10. 黄色锦鲤鳞片色素;11. 蓝鲤鳞片色素;12. 锦鲤红色鳞片中有枝状色素细胞,但没有黑色素;13. 普通鲤刚出苗身体中部色素细胞;14. 普通鲤出苗 9d 身体中部色素细胞;15. 荷包红鲤出苗 9d 身体中部色素细胞;16. 普通鲤出苗 18d 腹膜壁层已形成银白色
1. Chromatophore clarity in the back compartment of the upper layer of the scale in common crucian carp (arrow); 2. Chromatophore clarity in the forward compartment of the lower layer of the scale in common crucian carp (arrow); 3. Guanophore in the lower layer of the scale in common carp; 4. Dotted pigment in the fresh red scale of transparent color crucian carp; 5. Spotted pigment in the red scale of transparent color crucian carp; 6. Smeared pigment in the red scale of red crucian carp; 7. Transparent scale in transparent color crucian carp; 8. Pigment in the silver scale of red crucian carp; 9. Pigment in the black scale of red crucian carp; 10. Scale pigment in yellow ornamental carp; 11. Scale pigment in blue carp; 12. Red scale with branch chromatophore without melanophore in ornamental carp; 13. Chromatophore in the middle part of the body of just broken out common carp fry; 14. Chromatophore in the middle part of the body of the 9 days old common carp fry; 15. Chromatophore in the middle part of the body of the 9 days old red purse carp fry; 16. Silver color formed in parietal peritoneum of the 18 days old common crucian carp fry.

OBSERVATION ON SCALE CHROMATOPHORE AND BODY COLOR'S GENESIS OF CARP AND CRUCIAN CARP

XU Wei, LI Chi-Tao, CAO Ding-Chen and YIN Jia-Sheng

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

Abstract: Scales of different color selected from several kinds of carps and crucian carps were observed by microscope. The fishes were common carp, common crucian carp, red crucian carp, transparent color crucian carp, blue carp, red purse carp and ornamental carp. According to the results obtained during the observation, the scale is composed of 4 kinds of chromatophore, namely, erythrophore, xanthophore, melanophore and guanophore, which distribute the upper and lower layer of the scale. It is the different combination, sizes and shapes of the chromatophore that constitute variable body colors. The main characteristic of the transparent color crucian carp is that basic absence of guanophore in the lower layer, whereas complete presence in other species. There is no erythrophore and xanthophore in the *blue carp*, with which mainly takes on a blue crystal in guanophore layer.

The genesis of the body color was also observed during the fry reproduced to the body color appeared. The body color of the fry is pretty similar between common carp, common crucian carp, red crucian carp and transparent color crucian carp. The common features are of the bigger branch melanophore inside and transparent body which signal the gray color. The body colors both of the fry of the red purse carp and the ornamental carp are very close, expressing fresh yellow. Except for the eyes, the rest part of the whole body is transparent without melanophore deposition. Both fry with 25 days old of transparent color crucian carp and ornamental carp, the body color begins to differentiate remarkably, whereas, the body color of the 50 days old fry of the red crucian carp gradually turns the gray to the red.

Key words: Carp; Crucian carp; Scale; Chromatophore; Body color; Genesis