

## 01. 摘要

七彩神仙鱼具有鲜艳的体色，为了揭示其蓝色体色的形成机制及细胞调控，通过选取两种不同蓝色七彩神仙鱼，基于显微观察、组织切片、冰冻切片和透射电镜等技术，对其皮肤和背鳍部位色素细胞的组成、分布及形态结构等进行了比较观察。结果表明，天子蓝七彩神仙鱼皮肤、背鳍中含有黑色素细胞和虹彩细胞，而白化天子蓝七彩神仙鱼皮肤和背鳍中只含有虹彩细胞；皮肤色素细胞主要分布在表皮层与真皮层之间以及真皮下层与肌肉之间，背鳍色素细胞主要分布在表皮层与胶原纤维层之间；TEM观察下，两种蓝色七彩神仙鱼色素细胞存在类型不同，黑色素细胞和虹彩细胞相互作用及排列形态参与了两种鱼体色色素模式的形成，但虹彩细胞在蓝色体色形成及调控中具有主导作用。

## 02. 背景

七彩神仙鱼 (*Symphysodon haraldi*) 属于慈鲷科 (Cichidae) 盘丽鱼属 (*Symphysodon*)，原产于亚马逊河流域，因其体色艳丽，姿态优美，赋有“热带观赏鱼之王”之称。七彩神仙鱼有三个野生种，经人工培育，目前已经衍生出几十种体色各异的品种，这也使得其成为未来生物研究领域理想的模式生物。



蓝色七彩神仙鱼具有蓝绿色金属光泽，然而受到生理和环境等因素制约的影响致使其体色呈色不稳定，经常出现体色暗淡，体表光泽退化、颜色分布不均等现象的发生。目前关于蓝色七彩神仙鱼体色呈色规律和细胞调控机理还不太明确，相关着色类型的研究更是所知甚少。

## 03. 目的意义

对蓝色七彩神仙鱼皮肤和背鳍相关部位进行观察，在表观、细胞和组织水平了解蓝色体色的形成机制及色素细胞调控规律，掌握蓝色七彩神仙鱼色素细胞的机制和分布，为后续开展优良育种工作的进行以及慈鲷科鱼类体色与色素细胞关系的分析提供有价值的信息。

## 04. 材料与方法

### 实验材料:

天子蓝七彩神仙鱼  
白化天子蓝七彩神仙鱼

### 实验方法:

- ◆ 色泽分析
- ◆ 显微观察
- ◆ 组织切片
- ◆ 冰冻切片
- ◆ 透射电镜



图1: 天子蓝七彩神仙鱼 (上) 和白化天子蓝七彩神仙鱼 (下)

## 05. 结果

天子蓝七彩神仙鱼背鳍和皮肤组织的L, a, b值与白化天子蓝存在显著差异 (图2)。

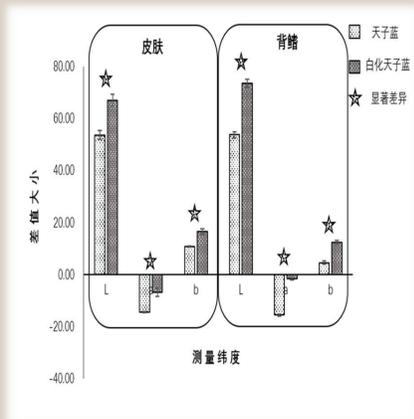


图2: 七彩神仙鱼皮肤色差比较

天子蓝七彩神仙鱼皮肤、背鳍、鳞片中都含有黑色素细胞和虹彩细胞，白化天子蓝七彩神仙鱼皮肤含有黑色素细胞和虹彩细胞，背鳍、鳞片中都只含有虹彩细胞 (图3)。

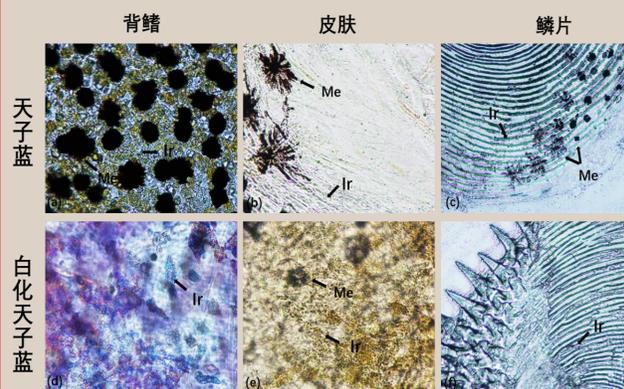


图3: 七彩神仙鱼背鳍、皮肤和鳞片色素细胞的显微观察 (×40)

## 06. 结论

在两种蓝色七彩神仙鱼色素细胞研究中，无论从表观形态学，还是从组织学和细胞学都一致发现，天子蓝七彩神仙鱼皮肤中存在大量黑色素细胞和虹彩细胞，而白化天子蓝七彩神仙鱼中更多以虹彩细胞呈现，根据色素细胞的组成、分布及形态结构特征，我们认为两种蓝色七彩神仙鱼呈色类型是结构性的，虹彩细胞在蓝色体色形成及调控中具有主导作用，而潜在的黑色素细胞更多提供了一层黑色的黑色素，起着以增强颜色色度和纯度的作用。

天子蓝七彩神仙鱼中，皮肤和背鳍组织含有大量且连续的黑色素细胞和虹彩细胞；在白化天子蓝七彩神仙鱼中，皮肤和背鳍组织含有虹彩细胞。皮肤中色素细胞主要分布在表皮层和真皮层中，在真皮下层与肌肉之间也有分布；背鳍中色素细胞主要分布在表皮层与胶原纤维层之间 (图4, 图5)。

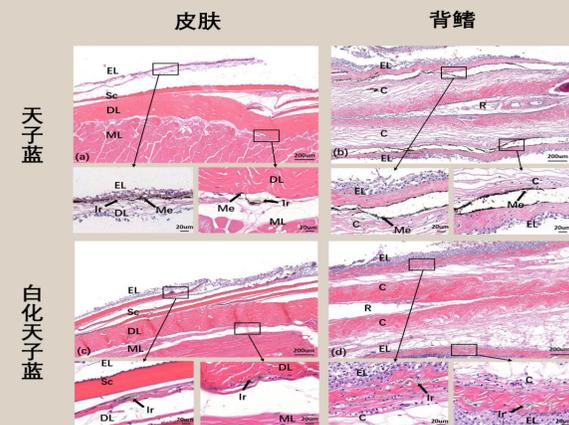


图4: 七彩神仙鱼皮肤和背鳍组织切片显微结构观察

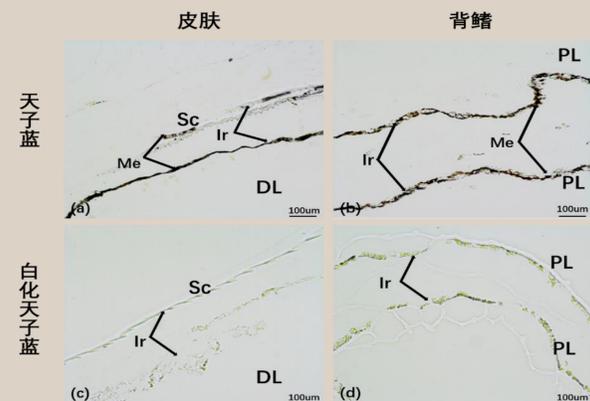


图5: 七彩神仙鱼皮肤和背鳍冰冻切片观察

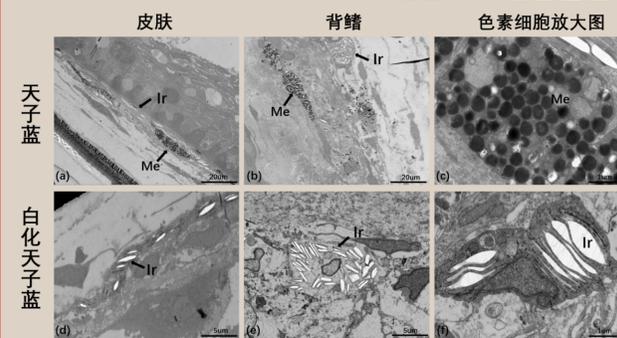


图6: 七彩神仙鱼皮肤和背鳍组织超显微结构观察

两种蓝色系七彩神仙鱼色素细胞存在类型不同，黑色素细胞主要呈现圆形或椭圆形的黑色点状结构，内含黑色素小体，密集分布堆挤在一起。虹彩细胞主要呈现长梭形或纺锤状的亮白色梭状结构，有规律进行排列，并且内含大量整齐排列的鸟嘌呤晶体 (图6)。