DOI号: 10.3724/SP.J.0000.2009.20164

基于计算机视觉的罗非鱼适应环境的体色变化研究

徐建瑜[1] 刘 鹰[2]
(1. 宁波大学信息科学与工程学院, 宁波 315211; 2. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

摘要: 多数鱼类的体色会受应激条件、环境背景、健康状况、生长发育和社会地位等因素的影响而发生改变。本文利用基于计算机视觉的体色量化技术研究正常情况和社会应激条件下罗非鱼对背景颜色的适应性, 以及在背景颜色变化过程中体色变化的响应速度。实验结果表明: 已适应白色背景的鱼放入黑色背景水体后, 体色变化主要发生在前 10s内, 放入时和放入 10s后的体色明度值差异极显著 (** $p<0.01$); 在白色背景下适应的鱼放入黑色背景下适应 2h后其体色变得很黑, 将其放入白色背景水体后体色在 10s内可发生由深到浅的变化, 放入时和放入 10s后的体色明度值差异极显著 (** $p<0.01$)。在蓝色背景下适应的鱼放入黑色背景水体后, 体色变化主要发生在前 10s内, 放入时和放入 10s后的体色明度值差异显著 (* $p<0.05$)。在蓝色背景下适应的鱼放入黑色背景下适应 2h后的体色变得很黑, 再将其放入白色背景水体后体色由深变浅, 放入时和 10s后的体色明度值发生极显著变化 (** $p<0.01$)。处于社会应激条件下劣势地位的鱼体色会变黑, 刚放入白色背景水体时的平均灰级达到 12.7阶, 放入 60s, 1800s后的体色和刚放入时没有显著差异。受社会应激影响轻微的鱼体色在 1800s后适应了环境的颜色, 明度值和没有受应激影响鱼的体色接近, 而受伤或受社会应激影响较严重的鱼体色改变较小。鱼在高浓度非离子氨 (UIA浓度为 0.178mg/L)的水中处理 3h后, 鱼的体色变得很黑, 刚放入白色背景水体时平均灰级达到 15.1阶, 放入 10s, 120s后鱼的体色变化不大, 放入 180s后鱼的体色变浅, 平均灰级达到 9.3阶, 与刚放入时的体色明度相比差异显著 (* $p<0.05$)。

关键词: 罗非鱼; 鱼体色; 背景颜色; 社会应激; 计算机视觉
中图分类号: Q954.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2009)02-0164-06

多数鱼类能改变体色以适应周围的环境颜色[1—4]。鱼的体色对环境颜色的适应分为形态学变色和生理学变色; 形态学变色是由于色素细胞的数目以及它们所含的色素颗粒的数量变化所引起的, 这种变色是缓慢的、逐渐的、而且是不显著的, 一般需要一个时间过程, 但其最后结果比生理学变色要更为醒目; 而生理学变色是由于色素细胞内色素颗粒移动所引起的, 色素颗粒在色素细胞内的聚集或分散, 是造成色泽深浅的主要因素。如果色素颗粒聚集于一点, 其他地方很少或无色素, 那么颜色就变淡。反之, 色素颗粒全面分布, 覆盖面积大, 其颜色就深, 这种变色比较迅速, 其效果很明显。所谓变色行为指的就是这种生理学变色, 这种变色对不同鱼类所需的时间是不同的, 从很短的几分钟到几小时不等[5]。环境的变化以及个体的生长发育、性别、生理条件的变化、健康状况和情感冲动都会使鱼体色发生显著的变化[6,7]; 在正常条件下鱼的体色能很好地适应环境颜色变化, 如长期养殖在黑色背景条件下的虹鳟鱼与白色背景下的相比身体着色较深[8]; 而在应激条件下某些鱼的体色会变暗[6], 即失去了适应环境背景颜色的能力, 所以鱼的体色具有反映鱼所处应激状态的潜力。迄今为止, 有关鱼的体色适应环境变化的研究多属经典描述性质, 本文利用基于计算机视觉的体色量化技术, 研究正常情况下和社会应激条件下罗非鱼对背景颜色的适应性, 及在背景颜色变化过程中体色变化的响应速度, 为鱼类行为生态学研究提供一种新的研究方法。

收稿日期: 2007-02-01; 修订日期: 2008-06-12
基金项目: 国家“863”项目课题 (2006AA100305); 国家自然科学基金项目 (30671620); 江苏省科技成果转化专项资金项目 (BA2005039); 国家科技支撑计划项目课题 (2006BAD09A03)资助
作者简介: 徐建瑜 (1973—), 女, 汉族, 黑龙江牡丹江人; 博士; 主要从事生物信息检测与计算机应用技术研究。E-mail: xujianyu1@sohu.com
通讯作者: 刘鹰 (1969—), 男, 汉族, 陕西岚皋人; 博士; 主要从事水产工程学与生态学研究。E-mail: yinliu@ms.qdio.ac.cn

1　材料与方法

1.1　鱼和实验系统　罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*), 雌雄都有, 体重 100—120g. 实验水族箱 (图 1) 为玻璃水族箱 (长 ×宽 ×高 = 50cm × 25cm × 28cm, 水深 25cm), 可容纳约 30L水。计算机视觉系统包括彩色 CCD 摄像头 (Honeywell, GG-655N CCD)、计算机 (Pentium Ⅳ 2.4G IBM-兼容机)、彩色图像采集卡 (Microview, MVPCI-700) 及修改后的 ATVC 5.0 软件包 (杭州奥泰图像) 等。摄像头面向养殖槽的正面 (图 1)。

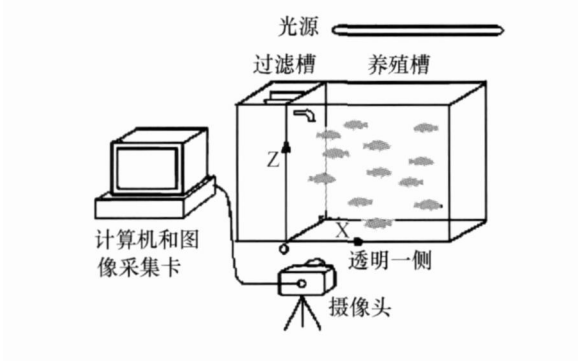


图 1　实验系统示意图

Fig. 1　Schematic representation of the system based on computer vision

实验前, 鱼分为两组, 一组在背景为白色的实验水族箱中适应 4周, 另一组在背景为蓝色的实验水族箱中适应 4周。在适应阶段溶氧保持在 5.0mg/L 以上, 水温为 20—25℃, 总氨氮 (TAN) 浓度小于 0.6mg/L, 亚硝酸氮 (NO_2-N) 浓度小于 0.05mg/L, pH 在 6.6—7.8, 日喂饲量按鱼体重的 3%, 每天投喂两次 (早 09: 00时和下午 17: 00时), 鱼粪便和未食饲料在下次投喂前用虹吸管吸出, 养殖水采用经过除氯、充分曝气和调温后的自来水。

1.2　体色量化方法　为了能稳定、可靠地反映鱼体的明度值, 在实验过程中, 将 Kodak公司的 Q14 灰级表面用无色玻璃密封覆盖后, 固定在实验水族箱透明一侧玻璃内壁的中间位置。Q14灰级为 14英寸长, 分为 20个均匀的灰阶组成, 从白到黑标号为 0到 19, 灰度等级从白 0.025到黑 0.975 (图 2)。

体色量化采用计算机视觉系统来完成。图像数字化分辨率为 768×576像素的 256级 R、G、B分量的彩色图像。在获取连续采集的多帧图像中, 选择鱼的体轴与摄像头光轴垂直的鱼体并采用阈值法将其分割出来, 将获得的 RGB图像转换到 HSV 空间后 (方法同参考文献[9]), 从图像中获得的鱼体明度值和校准后的无色玻璃覆盖的灰级的明度值进行比较, 采用线性插值的方法, 获得鱼体的明度阶值来表示鱼的体色亮暗程度, 实现连续量化鱼在水族箱中的体色而不惊扰鱼。

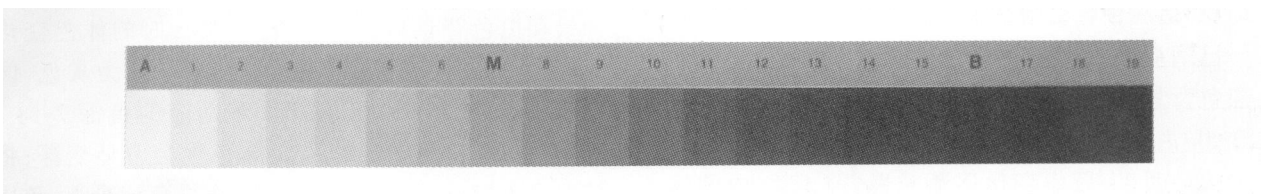


图 2　柯达 Q14灰级

Fig. 2　The Kodak Q14 gray scale

在获取鱼体色变化的实验过程中, 为了保证采集图像的一致性、准确性和可靠性, 采用了如下方法: (1)摄取影像时保持恒定的照明条件, 实验室的窗户用黑色的窗帘遮盖以防止日光周期产生的光线变化影响, 采用 2盏 40W 的三基色日光灯从水槽的后上方来照明以减少和消除鱼体表面反光对量化结果的影响, 实验水族箱水面的光照强度为 250lx。(2)实验水族箱及摄像头的方向和位置在整个实验过程中保持不变。(3)水族箱对面的背景采用白色的布帘来产生均匀的背景色, 形成稳定一致的背景颜色环境, 以减少外界背景在水族箱玻璃壁的反射对灰级和鱼体明度计算产生影响。

1.3　实验过程

1.3.1　正常条件下罗非鱼体色对背景的适应　实验前 1天对鱼停止喂饲, 保持实验水族箱的水温为 (22.0±0.5)℃, 溶氧浓度在 5.5mg/L以上, NH_4-N 和 NO_2-N 的含量很低。分别将鱼从适应 4周的白色、蓝色背景水族箱中迅速捞入到黑色背景的水族箱中, 每次一条, 从鱼放入黑色背景水族箱时开始计时并获取图像, 监测 0.5h; 在黑色背景适应 2h后再将鱼捞入白色背景水族箱中, 连续监测 0.5h内的鱼在背景从黑色变为白色后的体色变化。图像的采集间隔为 0.2s, 选取图像中身体垂直于摄像头光轴时刻的鱼, 并计算鱼在放入实验水族箱后的体色明度

值变化, 用灰阶表示。

1.3.2 罗非鱼在严重社会应激条件下体色对背景的适应 实验前 3天将 4组个体大小有差异的罗非鱼放入体积为 40L的方形塑料水箱中, 每组 3条鱼, 停止喂饲, 用气泵充气, 每天换水 1/2。每组在放入的第 1天开始就分化出优势地位和劣势地位的鱼, 优势地位的鱼通常只有一条, 体色浅亮, 并且身上没有黑色竖纹。将处于劣势地位的鱼 (共 8条)每次捞出 1条迅速放入到白色背景的水族箱中, 连续 0.5h监测鱼的体色变化。

1.3.3 罗非鱼在严重非离子氨 (**UIA**)应激条件下体色对背景的适应 罗非鱼能忍受较高浓度的 NH_4-N, 实验采用高浓度的 UIA处理: 在放有一定体积自来水的实验水族箱中逐渐加入 NH_4Cl溶液, 使 TAN浓度达到 40mg/L, 用 NaOH 溶液将 pH 调到 6.9±0.1, 相应的 UIA 浓度为 0.178mg/L; 实验时, 将鱼放入该实验水族箱中处理 3h后, 迅速放入到白色背景的实验水族箱中, 连续 0.5h监测鱼的体色变化。

数据分析采用单因素方差分析 (ANOVA, $\alpha = 0.05$), 用 Excel进行处理。

2 结 果

2.1 正常条件下罗非鱼体色对背景的适应变化

2.1.1 适应白色背景的鱼体色对背景的适应变化

已适应白色背景的鱼的体色为淡灰色, 将鱼放入黑色背景的水族箱时开始计时并采集图像, 计算出 0.5h内的鱼体色明度值变化, 前 120s的体色变化最快最明显, 后面变化逐渐减慢, 前 120s内的体色变化大部分发生在前 10s内, 前 10s内每 2s计算一次体色变化, 后面计算次数减少, 在 20、30、60和 120s时计算, 结果如图 3(A)所示, 图中熟知为 4次平均值 ±标准差。将放入时的体色和放入 10s后的体色明度值进行方差分析, 结果显示体色明度值差异极显著 ($F = 19.8^{**}$, $p < 0.01$), 即鱼放入 10s体色就显著变黑。

在黑色背景下适应 2h后鱼的体色变得很黑, 将其放入白色背景水族箱后体色由深到浅的变化也主要发生在前 10s内, 计算时间间隔同前, 鱼的体色变化如图 3(B)所示。放入时的体色和放入 10s后的体色明度值差异极显著 ($F = 18.4^{**}$, $p < 0.01$), 说明背景对健康罗非鱼的体色明度值影响非常显著, 而且体色变化非常快。

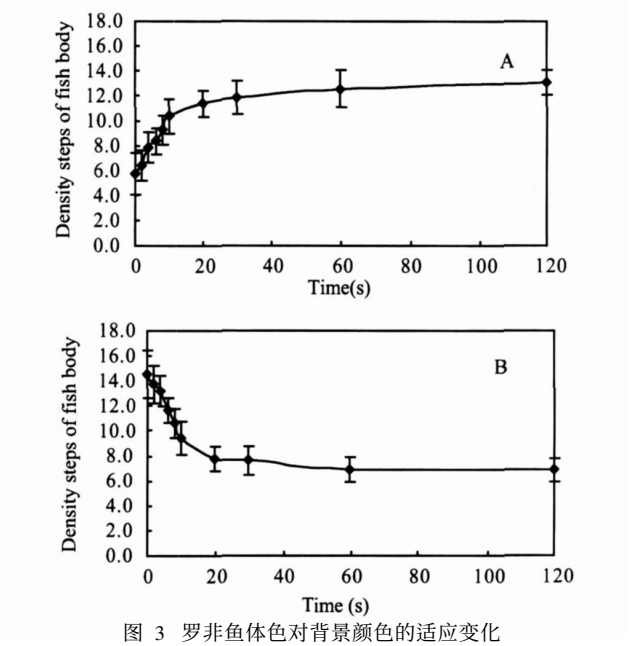


图 3 罗非鱼体色对背景颜色的适应变化

Fig. 3 Color modification of tilapia adapted to the changes of background color

A从白色背景到黑色背景后罗非鱼体色的变化;

A Color modification of tilapia from white background to black background;

B从黑色背景到白色背景后罗非鱼体色的变化

B Color modification of tilapia from black background to white background

2.1.2 适应蓝色背景的鱼体色对背景的适应变化

将在蓝色背景和白色背景下适应的鱼放入黑色背景和白色背景后, 在 0、10和 120s时的体色变化 (图 4)。已适应蓝色背景的罗非鱼体色为灰色, 体色的明度值要比在白色背景下适应的鱼深 2到 3阶, 将其放入黑色背景下, 鱼体色也会明显变深; 将其在黑色背景下适应 2h后再放入白色背景下, 鱼体色明显变浅, 体色变化曲线和上述在白色背景下适应的相似, 只是放入黑色背景下适应 2h的鱼再放入白色背景水族箱后的体色变化, 不如长期在白色背景下适应的白, 和背景的明度对比要明显一些; 但经过大约一星期的适应, 鱼的体色就会发生形态改变而变浅, 和长期在白色背景下适应的鱼的体色明度值没有显著差异。

蓝色背景下适应的鱼放入黑色背景下后, 体色变化大部分发生在前 10s内, 此后变化逐渐减慢, 放入时的体色和放入 10s后的体色明度值差异显著 ($F = 8.15^{*}$, $p < 0.05$)。蓝色背景下适应的鱼放入黑色背景下适应 2h后的体色变得很黑, 将其放入白色背景水族箱后体色由深变浅, 放入时和 10s后的体色明度值差异极显著 ($F = 16.1$, ** $p < 0.01$)。

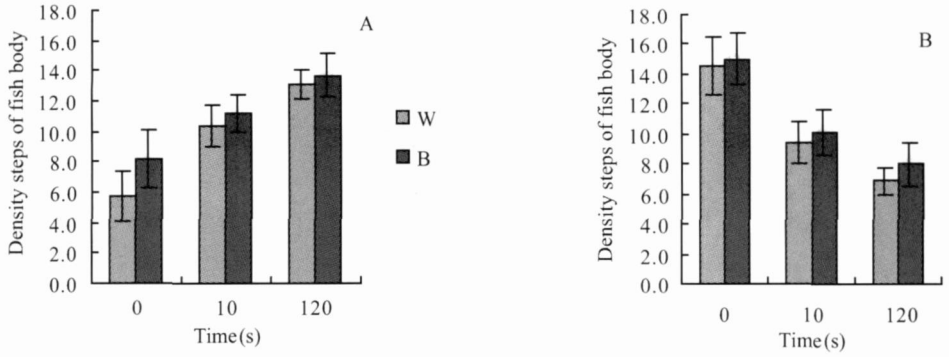


图 4　在白、蓝色背景下适应的罗非鱼在背景变化时的体色变化

Fig. 4　Color modification of tilapia adapted to white and blue background to the changes of background color

A 对黑色背景的适应变化; A Color modification responded to black background

B 对白色背景的适应变化; B Color modification responded to white background

W: 适应白色背景的罗非鱼; B: 适应蓝色背景的罗非鱼

W: The tilapia adapted to white background; B: The tilapia adapted to blue background

在两种情况下, 背景改变 120s后鱼的体色仍会发生缓慢变化, 到 0.5h后还能最大变化 1到 2个灰阶。

2.2　严重社会应激条件下体色对背景的适应变化

在鱼个体较多时, 处于优势地位的鱼占总数的比例较小, 其可攻击的对象较多, 处于劣势地位鱼的平均受伤程度相对较低; 而在罗非鱼个体数较少时, 容易分化成明显优势和明显劣势地位的鱼, 而优势地位的鱼频繁攻击处于相对劣势地位的鱼, 使劣势地位鱼被攻击的次数和严重程度明显加重, 并造成劣势地位鱼的尾鳍、胸鳍和鱼体受伤, 有时鳞片脱落。罗非鱼在水体小、个体少时的领域行为很强, 在 40L和 120L体积的水族箱中单位时间内的攻击频率没有显著差异。

将处于社会应激条件下劣势地位的鱼迅速捞出放入白色背景实验水族箱, 刚放入、60s和 1800s时刻的体色明度值变化 (图 5), 图中值为 8次测量的平均值 ±标准差。处于社会应激条件下劣势地位的鱼体色变黑, 刚放入白色背景时平均灰级达到 12.7阶, 放入 60s、1800s时刻的体色和刚放入时没有显著差异, 有 37.5% 的鱼在放入白色水族箱后 60s内的体色明显变浅, 即具有适应环境颜色的能力, 而其余的 5条鱼体色改变较小, 游动缓慢, 身体上有明显的伤口, 鳍和尾部受到损伤, 鱼的体色在应激条件下不能很快的适应环境颜色, 1800s后这些鱼体色只略有变浅, 而总的明度均值仍有 10.3阶; 其中 3条没有受伤, 应激程度轻微的鱼体色适应了环境的颜色, 明度值在 1800s后和没有应激的鱼的体色接近。

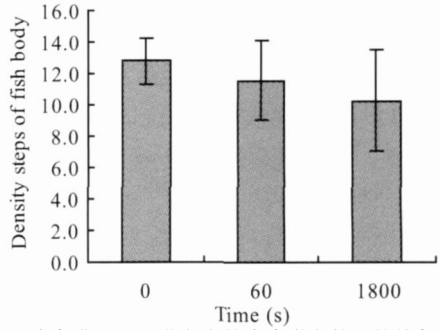


图 5　白色背景下罗非鱼在社会应激条件下的体色变化

Fig. 5　Color modification of tilapia treated by social stress conditions under white background

2.3　严重社会应激条件下体色对背景的适应变化

鱼在 UIA 浓度为 0.178 mg/L的水中处理 3h后, 鱼的体色变得很黑, 刚放入白色背景时平均灰级达到 15.1阶, 在放入 10s、120s后鱼的体色变化不大, 放入 180s后鱼的体色变浅至平均 9.3阶, 与刚放入时的体色明度相比变化显著 ($F = 8.3$, * $p < 0.05$)。

3　讨　论

鱼体色改变是基于色素颗粒的聚集和分散 (神经和激素控制) 及色素颗粒、色素细胞数量的改变 (激素控制)[10]。对一些鱼的研究发现, 在黑色背景下促进了能使体色变暗的 α-促黑激素 (α-melanocyte stimulating hormone, α-MSH) 的释放。黑色素浓缩激素 (Melanin-concentrating hormone, MCH) 是由视丘下部产生的缩氨酸激素, 可以使鱼的体色变浅, 白色背景下可以增加体内 MCH 的分泌, 防止皮肤

着色的发生[4]。长期在白色和黄色背景下养殖的大比目鱼的着色面积显著小于黑色背景下养殖的[11]。

多数鱼类具有明显的对环境颜色适应的能力，颜色改变常发生在繁殖阶段或应激条件下[6]。在白色背景下处于社会应激状态的鱼就失去了适应白色背景颜色的能力。处于社会组织中的鱼和多数脊椎动物一样，处于劣势地位的个体遭受着被支配甚至是来自优势个体的攻击行为而引起的慢性应激，持续的社会应激促进 α-MSH 和促肾上腺皮质激素(ACTH)的分泌，这两种激素与皮质醇的释放控制有关，并能导致皮肤变黑[7]。

社会应激处理 3d后和高 UIA 浓度处理 3h后的罗非鱼在白色背景下 10s和 120s后的体色没有发生显著适应变化；而在高浓度 UIA 处理 3h后的罗非鱼，在白色背景下 0.5h后的体色才有明显适应，说明罗非鱼在应激条件下体色变黑，对白色背景的适应能力变差。

罗非鱼对环境颜色的反应速度很快，这种体色适应能力除了和原来适应颜色的不同有关外，还与鱼的健康状况和应激状态有关。在白色背景下罗非鱼的体色和背景接近，或放入白色背景时鱼的体色能很快变浅，说明鱼具有适应白色环境的能力，鱼的体色生理学变色的速度快，说明鱼的生理机能比较正常，可能反映了鱼的健康状态良好，没有处于严重的应激状态。Papoutsoglou, *et al.* 研究了白、绿、黑色背景对鲤鱼生长和生理反应的影响，发现长期在白色背景下养殖的鲤鱼的皮质醇显著低于在黑色背景下养殖的，而且生长率最高[7]；白色背景下养殖的大比目鱼体长和体重都大于在黑色背景下养殖的[11]；长期养殖在黑色背景条件下的虹鳟鱼与白色背景下的相比，除了身体着色上的改变外，还有促肾上腺皮质激素和皮质醇浓度较高，血浆 MCH 浓度较低，而皮质醇水平长期较高将抑制鱼的生长[8]。鱼的 α-MSH 和 ACTH 与皮质醇释放控制有关，并能导致皮肤变黑，而在白色背景下养殖某些鱼，除了生长率高，还有一个优点是若发现鱼体色明显变黑，则可能说明鱼的健康出现问题或出现应激状况。

鱼的体色受应激情况、环境背景、身体状况、生长发育阶段和社会地位的影响。养殖条件下环境背景不一定是白色，而且水中光线可能因水的浑浊度、透明度、水深等原因而很低，鱼的体色可能会适应环境而较暗，将鱼捞入白色背景且光线不暗的容器中，健康无应激的罗非鱼的体色不一定能立刻变成与背景接近的白色，但应该能发生明显的生理学变色，这有可能发展成为一种能快速判断鱼的健康或应激状态的方法。

参考文献:

[1] Nagaishi H, Nishi H, Fujii R, *et al.* Correlation between body color and behavior in the upside-down catfish, *Synodontis nigriventris* [J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1989, **92**A: 323—326

[2] Fujimoto M, Arimoto T, Morishita F, *et al.* The background adaptation of the flatfish, *Paralichthys olivaceus* [J]. *Physiology and Behavior*, 1991, **50**(1): 185—188

[3] Bond C E. Biology of Fishes [M]. Florida: Saunders College Publishing, 1996, 750

[4] Papoutsoglou S E, Mylonaki G, Miliou H, *et al.* Effects of background color on growth performances and physiological responses of scaled carp (*Cyprinus carpio* L.) reared in a closed circulated system [J]. *Aquacultural Engineering*, 2000, **22**(4): 309—318

[5] LIM D. Ichthyology [M]. Tianjin: Nankai University Press, 1992, 25—150 [李明德. 鱼类学. 天津: 南开大学出版社. 1992, 25—150]

[6] Mazeaud M M, Mazeaud F, Donaldson M. Primary and secondary effects of stress in fish: Some new data with a general review [J]. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1977, **106**: 201—212

[7] Fujii R, Oshima N. Control of chromatophore movements in teleost fishes [J]. *Zool. Sci.*, 1986, **3**: 13—47

[8] Pickering A D. Growth and stress in fish production [J]. *Aquaculture*, 1993, **111**: 51—63

[9] Xu J Y, Jiang X H, Liu Y. Quantifying the fish skin darkness using computer vision [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2006, (6): 140—142, 15 [徐建瑜, 江雄晖, 刘鹰. 基于计算机视觉的鱼体色量化方法. 农机化研究, 2006, (6): 140—142, 15]

[10] Sugimoto M. Morphological color changes in the medaka, *Oryzias latipes*, after prolonged background adaptation. I. Changes in the population and morphology of melanophores [J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1993, **104**A: 513—518

[11] Yamanome T, Amano M, Takahashi A. White background reduces the occurrence of staining, activates melanin-concentrating hormone and promotes somatic growth in barfin flounder [J]. *Aquaculture*, 2005, **244**: 323—329

[12] Feng J, Qin Z B. Compensatory growth after experiencing cycles of feed deprivation and re-feeding in Pacific Salmon [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30**(5): 508—514 [冯健, 覃志彪. 淡水养殖太平洋鲑循环饥饿后补偿性生长效果研究. 水生生物学报, 2006, **30**(5): 508—514]

[13] Yang D, Yu L N. Sex and sex identification of fish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30**(2): 221—226 [杨东, 余来宁. 鱼类性别与性别鉴定. 水生生物学报, 2006, **30**(2): 221—226]

STUDY ON COLOR MODIFICATION OF TILAPIA *OREOCHROMIS NILOTICUS* UNDER ENVIRONMENTAL BACKGROUND AND STRESS BY COMPUTER VISION

XU Jian-Yu[1] and LIU Ying[2]

(1. *Faculty of Information Science and Technology, Ningbo University, Ningbo* 315211; 2. *Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao* 266071)

Abstract Some fish color modification can occur under stress conditions, environment background color, health status, fish reproductive period, along with social class. The skin color of tilapia adapted to background color under normal conditions and social stress conditions, as well as skin color modifications response rate during color modification period, were investigated by fish color quantifying technology based on computer vision. The results showed that skin color modification of tilapia had adapted white background happened in the first 10s while putting tilapia into the aquarium with black background, and the lightness level of the skin color had much significant modification (** $p < 0.01$) in 10s. The skin color of tilapia had adapted white background appeared deeply black while putting tilapia into the aquarium with black background for 2h, and then the color changed from deep color to tint in 10s while putting tilapia into the aquarium with white background, the lightness level of the skin color had much significant modification (** $p < 0.01$) in 10s. The skin color modification of tilapia had adapted blue background happened in the first 10s while putting tilapia into the aquarium with black background, and the lightness level of the skin color had significant modification (* $p < 0.05$) in 10s. The skin color of tilapia had adapted blue background appeared deeply black while putting tilapia into the aquarium with black background for 2h, and then the color changed from deep color to tint in 10s while putting tilapia into the aquarium with white background, the lightness level of the skin color had much significant modification (** $p < 0.01$) in 10s. The tilapia color modification can changed black under social stress. The mean density steps of color researched 12.7 ranks while putting tilapia into the aquarium with white background and the lightness level of the skin color had no significant modification after 60s and 1800s in white background. The skin color of tilapia suffered lower social stress conditions can adapted the environment color after 1800s and the lightness level of the skin color was similar with those in normal conditions. The lightness level of the skin color of tilapia was hurt and suffered severe social stress changed little. The skin color of tilapia treated with high UIA (0.178mg/L) became darker and the mean density steps of color researched 15.1 ranks while putting tilapia into the aquarium with white background and the lightness level of the skin color had no significant modification after 10s and 120s in white background. The mean density steps of color researched 15.1 ranks at 180s and the lightness level of the skin color had significant modification (* $p < 0.05$).

Key words Tilapia; Fish skin color; Background color; Social stress; Computer vision