

文章编号:1000-0615(2002)03-0193-08

# 大菱鲆早期变态发育和体表黑色素细胞形态学观察

朱杰<sup>1</sup>, 张秀梅<sup>1</sup>, 高天翔<sup>1</sup>, 柳广东<sup>1</sup>, 杨原文<sup>2</sup>

(1. 青岛海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003;

2. 威海华信海珍品养殖公司, 山东 威海 264200)

**摘要:** 对大菱鲆早期变态发育及体表黑色素细胞的形成过程进行了研究。绘制了1~60日龄大菱鲆鱼苗形态发育图,同时观察拍摄不同发育时期体表黑色素细胞的形态变化。14~17水温时,大菱鲆早期变态发育约需60d。1~14日龄主要为器官发育;14~40日龄主要为形态变化,25日龄左右开始变态;40~60日龄变态基本完成。变态前,鱼苗体表的幼体黑色素细胞对称分布,色素细胞密度先增加后减少。变态开始后,鱼体两侧体色出现不对称。有眼侧体表幼体黑色素细胞减少,逐渐由成体黑色素细胞替代,体色变深;无眼侧幼体黑色素细胞逐渐消退,未出现成体黑色素细胞,体色逐渐变为白色。若有眼侧体表成体黑色素细胞的出现受阻,则形成白化。

**关键词:** 大菱鲆;变态发育;黑色素细胞;形态学观察;白化

**中图分类号:** S917 **文献标识码:** A

## The metamorphosis of turbot *Scophthalmus maximus* and morphological observation on melanophores in larval skin

ZHU Jie<sup>1</sup>, ZHANG Xiu-mei<sup>1</sup>, GAO Tian-xiang<sup>1</sup>, LIU Guang-dong<sup>1</sup>, YANG Yuan-wen<sup>2</sup>

(1. College of Fisheries, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003, China;

2. Huanxin Marine Product Corporation of Weihai, Weihai 264200, China)

**Abstract:** The metamorphosis and skin melanophores of turbot, *Scophthalmus maximus* (Linnaeus), were investigated. The morphological developments and changes of body color at different stages of 1 to 60 days old larvae were observed and photographed. The whole period of early development of turbot lasted about 60 days in spawning water at 14 - 17 °C. The morphological development of larvae could be divided into three stages: development of organs (1 - 14 days old), development of morphology (14 - 40 days old) and completion of metamorphosis (40 - 60 days old). Metamorphosis occurred about 25 days after being hatched, and the larval melanophores of fry body were distributed symmetrically, with an increase of the density firstly and a decrease of the density followed. When metamorphosis occurred, the body color of fry became asymmetrical. On ocular side, larval melanophores of fry body disappeared and were replaced by adult ones. On blind side, the larval melanophores disappeared and no adult ones appeared. Albinism would occur if the development of adult melanophores on the ocular side of turbot was blocked.

**Key words:** *Scophthalmus maximus*; metamorphosis; melanophore; morphological observation; albinism

收稿日期:2001-08-24

资助项目:山东省优秀中青年科学家科研奖励基金、高等学校骨干教师资助计划及国家自然科学基金资助(30070593)

作者简介:朱杰(1975-),女,山东阳谷人,在读研究生,主要从事鱼类行为学研究。Tel: 0532-2032076

通讯作者:张秀梅,女,教授,博士生导师。E-mail: gaozhang@ouqd.edu.cn

大菱鲂 (*Scophthalmus maximus* Linnaeus) 属鲆科 (Bothidae)、菱鲆属 (*Scophthalmus*), 为原产欧洲的冷水性底栖鱼类, 主要分布于大西洋沿岸、北海、黑海、地中海一带。该鱼经济价值高、生长快、耐低温且易于集约化养殖。20 世纪 60 年代, 英国首先成功开发大菱鲂人工养殖技术; 经近 40 年的发展, 大菱鲂已成为欧洲重要的水产养殖种类之一<sup>[1]</sup>。我国于 1992 年由黄海水产研究所首先引进大菱鲂苗种, 并于 1999 年实现了大规模生产性育苗<sup>[2]</sup>。目前, 国外对大菱鲂的研究多集中在亲鱼人工培育、高效配合饲料的研制<sup>[3]</sup>和育苗与养殖环境的控制<sup>[4]</sup>等方面, 在营养生理学<sup>[5]</sup>、摄食行为学<sup>[6]</sup>、遗传育种<sup>[7]</sup>等方面也有较深入的研究。由于我国引进大菱鲂较晚, 对大菱鲂的研究工作开展较少。值得关注的是, 人工养殖鲆鲷类有眼侧体表全部或局部色素消失而出现白色不规则斑块状的白化现象<sup>[7]</sup>, 在我国大菱鲂苗种生产中尤为严重, 白化率甚至高达 50% 以上, 且目前尚无有效的控制方法。日本学者对鲆鲷类的白化现象有一些研究报道, 但多集中于牙鲆<sup>[8-10]</sup>。而对形态差异较大的大菱鲂的白化现象的研究, 国内外尚未见报道。本文对 1~60 日龄大菱鲂鱼苗的形态变化及体表黑色素细胞的发育进行连续观察, 研究各发育阶段黑色素细胞的形态及变化特征, 旨在确定大菱鲂早期发育过程中白化发生的时间, 获得对白化形成机理的更深入、准确的理解, 为改进大菱鲂苗种生产技术, 减少白化率提供基础资料。

## 1 材料和方法

实验标本为受精卵至孵化后 60 日龄的大菱鲂鱼苗, 取自威海华信海珍品养殖公司大菱鲂育苗车间, 为人工养殖的健康大菱鲂亲鱼自然产卵、受精孵化鱼苗。采集时间为 2000 年 4 月 - 6 月和 2001 年 4 月 - 5 月。在各发育阶段随机取样 20 尾, 测量其全长、总高 (包括鱼鳍在内的鱼体最高部位), 绘制早期生长发育曲线, 并描绘 1~60 日龄鱼苗的早期形态发育图。利用 Olympus 显微镜连续观察和测定鱼苗体表黑色素细胞的形态及密度变化, 并进行显微摄影。

## 2 结果

### 2.1 大菱鲂早期变态发育的形态特征

大菱鲂受精卵在水中呈圆球形, 平均卵径 0.98mm, 无色透明, 有 1 个油球。当水温为 15℃ 时, 孵化共需 120h。

1 日龄仔鱼全长 3.0mm, 总高 0.9mm, 全身透明, 眼部透明无色, 具脉络裂。头部展直, 伸于卵黄囊前。卵黄囊较大, 长圆形, 约占体长一半, 油球位于后部。消化管呈直管状, 口肛未开通。整个鳍膜相连, 背鳍膜开始于头后, 背、臀鳍膜都高于体干部, 体干背部及鳍膜上有色素 (图版 - 1)。

3 日龄仔鱼全长 3.9mm, 总高 1.1mm, 全身透明, 头部突出, 眼部呈黑色。卵黄已基本耗尽。口肛开通, 消化道为直管状, 鳔原基开始形成。鳍膜透明, 背鳍膜始端向前延至头顶部, 胸鳍开始发育 (图版 - 2)。

5 日龄仔鱼全长 4.1mm, 总高 1.1mm, 全身透明, 卵黄囊和油球均已消失, 鳃盖骨开始形成。消化道已一曲, 鳔已形成, 位于食道基部, 圆形, 中有空腔, 鳔管开口于胃的前部。鳍膜相连, 胸鳍形成。体干及鳍膜上的色素量增加, 体色变深呈红棕色 (图版 - 3)。

10 日龄仔鱼全长 5.1mm, 总高 1.5mm, 体色明显变黑。消化道有一曲, 胃部膨大, 鳔已充气。鳃盖骨形成, 鳃丝开始出现。尾椎骨尖直, 鳍膜仍连续, 鳍条原基开始出现 (图版 - 4)。

10 日龄左右是鱼苗的危险期, 即鱼苗开口 7~8d 左右, 往往会大批死亡。因此, 这一时期要尽量保持充足适口的饲料和稳定的水质环境。

14 日龄仔鱼全长 6.7mm, 总高 2.5mm, 全身因色素覆盖已不透明, 身体两侧对称, 体干部明显变粗。消化道一曲, 腹部饱满。鳍膜仍连续但开始分化形成尾鳍, 背、臀鳍开始变宽, 鳍条出现, 基部有窄长的鳍基加厚部。体干部布满黑色菊花状色素, 在鳍膜上黑色菊花状色素沿鳍条丝分布, 尾椎骨上翘, 尾鳍形成 (图版 - 5)。

20 日龄仔鱼全长 10.1mm,总高 5.3mm,身体仍对称,总高明显增高。消化道一曲,胃部和直肠部扩大,腹部饱满,鳔管封闭。背、臀鳍鳍基加厚部变宽,尾鳍形成(图版 - 6)。

24 日龄稚鱼全长 11.4mm,总高 7.2mm,身体明显变宽,右眼开始上升。鳔部发育完善,消化道一曲,胃与直肠部扩大。鳔很大,长椭圆形。各鳍完善,背、臀鳍特别扩大,沿鳍基加厚部有 5 条闪光色素带(图版 - 7)。

34 日龄稚鱼全长 18.0mm,总高 12.0mm,右眼已升位至头顶部,头部凹陷。消化道仍一曲,鳔器官开始变得扁平。背、臀、尾鳍扩大,鳍基加厚部继续变宽,鳍条清晰,体干部呈菱形(图版 - 8)。

40 日龄稚鱼全长 25.2mm,总高 19.2mm,右眼已转过头顶,胃肠饱满,生长迅速。鳔中充满气体,呈扁圆形。总高继续增加,总高/全长为 0.65,少量稚鱼开始伏底(图版 - 9)。

60 日龄幼鱼全长 40.6mm,总高 31.6mm,已完成变态,体色呈银灰色带黑色花斑,总高/全长为 0.75。身体不透明,右眼完全转到左侧,鳔器官退化消失。背鳍条 65 根,腹鳍条 50 根,尾鳍条 18 根。已转为底栖生活,形态、习性同成鱼近似(图版 - 10)。

大菱鲂鱼苗 1~13 日龄阶段的生长速度较慢,从 14 日龄开始进入一个快速生长时期,全长和总高的增加都呈现出加速趋势(图 1 - A),鱼苗的身体明显变宽,总高/全长的比值显著增加,这一过程一直持续到 40 日龄(变态后期)。之后,鱼苗的体形变化不大,总高/全长的比值维持在 0.75 左右(图 1 - B)。

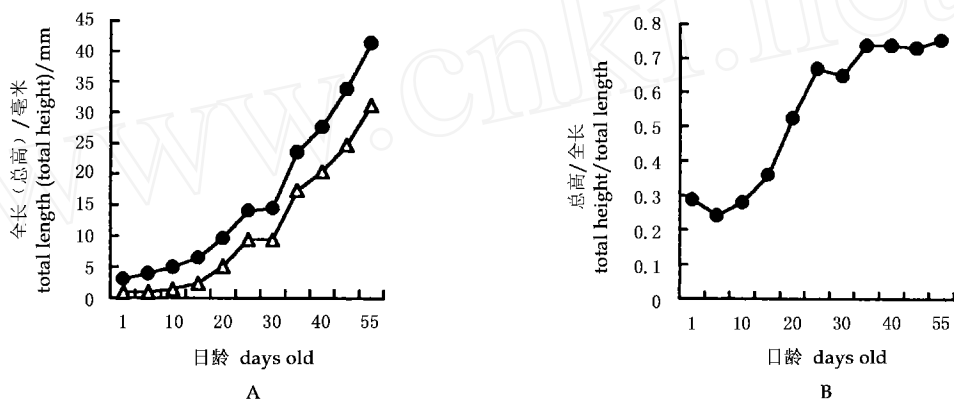


图 1 大菱鲂早期发育阶段的生长曲线

Fig. 1 Growth curve in larval stage of *S. maximus*

A: 全长和总高的变化曲线(全长; 总高); B: 总高/全长的变化曲线(总高/全长)

A: change of total length and total height (total length; total height);

B: change of the ratio of total height to total length (total height/total length)

## 2.2 大菱鲂体表黑色素细胞的形态学观察

硬骨鱼类的色素细胞来源于神经细胞。鲈类的皮肤中具有黑色素细胞、黄色素细胞和虹彩细胞。在皮肤中黑色素细胞比较稳定并决定鱼的体色,而黄色素细胞和虹彩细胞经固定液处理后很快褪色。皮肤内的色素芽细胞最先发育成幼体黑色素细胞、黄色素细胞和虹彩细胞。在变态过程中,幼体黑色素细胞逐渐溶解,由色素芽细胞分化出成体黑色素细胞<sup>[10]</sup>。幼体黑色素细胞的体积较大而成体黑色素细胞的体积则较小<sup>[11]</sup>。在变态发育过程中,大菱鲂鱼苗体表同样先出现幼体黑色素细胞,随后逐渐被成体黑色素细胞替代。当色素颗粒扩散时,幼体黑色素细胞的直径可达到 200 $\mu\text{m}$  以上,成体黑色素细胞的直径则为 100 $\mu\text{m}$  左右。

### 2.2.1 胚胎体表黑色素细胞的发育

大菱鲂胚胎发育至原口关闭时,胚体背部开始出现点状幼体黑色素细胞,幼体黑色素细胞发育初期呈浅黄棕色。

### 2.2.2 鱼苗的体表黑色素细胞发育

1日龄仔鱼从头至尾干部分布幼体黑色素细胞,在头顶、卵黄囊和消化道背部较多,背鳍膜上有两处黑色素细胞丛,臀鳍膜上有一处,均显浅黄棕色。仔鱼卵黄囊上也有黑色素细胞,密度较小。此时的幼体黑色素细胞正处于发育过程中,呈细树枝状,体积较小,树突较少,所含色素颗粒密度也较小,颜色呈浅黄棕色(图版 - 1)。

5日龄仔鱼体表幼体黑色素细胞的数量显著增加,以头顶、消化道背部和体侧部黑色素细胞密度较高。背臀鳍的黑色素细胞丛扩大成浅黄棕色斜向色素带。黑色素细胞呈粗树枝状,体积扩大,树突数量增加,黑色素颗粒的含量也增加,体色变深。

10日龄仔鱼全身布满大量幼体黑色素细胞。背、臀鳍上的色素丛扩大,面积约占背、臀鳍部总面积的1/2。此时黑色素细胞的密度稍减,但胞体体积快速增加,树突的数量也大幅增加,呈放射状,相互重叠交织成网,色素颗粒处于扩散状态,体色浓黑不透明(图版 - 2)。

14日龄仔鱼体表遍布大型菊花状幼体黑色素细胞,尤以体干部、头顶、消化道背侧部特别浓密。眼球和晶体呈黑色,背鳍前端和尾鳍仍然无色透明。背鳍后部和整个臀鳍沿鳍条呈纵向分布有长菊花状黑色素细胞。体干部的黑色素细胞沿肌节方向排列,分布浓密。黑色素细胞的形状多样,色素细胞边缘清晰,体积继续扩大,色素颗粒的密度很大,仔鱼的体色为浓黑色。

20日龄仔鱼全身披大量菊花状幼体黑色素细胞。鳃盖、头顶、内脏团外侧、体干背腹边沿的黑色素细胞十分浓密。幼体黑色素细胞的密度继续减少,胞体体积继续扩大,有大量树突,数级分支,典型细胞的直径可达 $220\mu\text{m}$ (图版 - 3)。因所含色素颗粒增加,所以,尽管黑色素细胞密度下降,鱼苗的体色仍较深。

24日龄稚鱼开始变态。身体表面的大型幼体黑色素细胞的数量显著降低,约 $18\text{个}\cdot\text{mm}^{-2}$ ,色素胞的体积很大,一些大型黑色素细胞直径达到 $200\sim 300\mu\text{m}$ ,胞体中色素颗粒的密度很大,沿胞体的树突充分扩散,稚鱼的体色仍较黑。

30日龄稚鱼的体色变浅,呈浅棕色,体表幼体黑色素细胞的密度稳定,约 $20\sim 24\text{个}\cdot\text{mm}^{-2}$ 。因外界或内部因素的作用,胞体中的色素颗粒会不同程度的扩散或聚集,导致黑色素细胞呈现不同的形态。体色有深有浅。由于变态,两侧体表的黑色素细胞数量开始出现差异,左侧略多于右侧。白化个体开始出现,白化个体体表黑色素细胞的数量少于正常个体。

40日龄正常发育稚鱼的体色为浅棕色,菊花状黑色素细胞遍布全身,胞体内的色素颗粒处于充分扩散状态,小型的成体黑色素细胞开始出现(图版 - 4)。无眼侧仍有部分幼体黑色素细胞,密度较低(图版 - 5)。这一阶段鱼苗的体色非常丰富,有纯黑色个体、棕色带花白斑点个体、还有透明白色个体,体色有深有浅,花斑亦有深有浅(图2)。纯黑色稚鱼两侧体表的黑色素细胞十分密集,整体呈现浓黑色。白化个体有眼侧体表色素退化现象十分明显,皮肤表面的菊花状黑色素细胞密度相当低且色素颗粒处于收缩状态(图版 - 6)。

60日龄幼鱼的体色已变为近于白色的银灰色。有眼侧体表的幼体黑色素细胞已逐渐由成体黑色素细胞代替,黑色素细胞总量增加(图版 - 7),但由于成体黑色素细胞的体积较小,所以有眼侧的体色仍很浅。无眼侧体表的黑色素细胞则继续退化,仅在身体边缘部位有点状残留黑色素细胞,成体黑色素细胞不出现(图版 - 8)。白化苗两侧体表的幼体黑色素细胞同时消退,不出现成体黑色素细胞。随生长发育,白化程度逐渐加重,皮肤透明,内脏、骨骼和肌节清晰可见(图3)。轻度白化个体有眼侧体表还有少量的点状幼体黑色素细胞分布(图版 - 9)。

1~60日龄大菱鲂有眼侧和无眼侧体表黑色素细胞密度的变化特征如图4所示。

1日龄仔鱼至5日龄仔鱼体表黑色素细胞数量增加很快,由初孵时的 $160\text{个}\cdot\text{mm}^{-2}$ 急剧增至5日龄时的 $260\text{个}\cdot\text{mm}^{-2}$ ;之后,黑色素细胞密度呈较快的下降趋势(图4-A),至30日龄以后,正常大菱鲂稚鱼有眼侧体表黑色素细胞的密度趋于稳定,维持在 $20\sim 24\text{个}\cdot\text{mm}^{-2}$ 左右,幼体黑色素细胞逐渐由成体黑色素细胞替代。而无眼侧体表幼体黑色素细胞的数量继续下降,至60日龄变态结束时降至 $2\text{个}\cdot$

$\text{mm}^{-2}$ ,成体黑色素细胞不出现。本实验所观察的标本中 30 日龄之前未出现白化个体;30 日龄以后,白化个体出现,其有眼侧体表白化部位的幼体黑色素细胞密度减少,至 60 日龄幼鱼,白化部位的黑色素细胞密度已降至 1 个  $\text{mm}^{-2}$ (图 4 - B)。

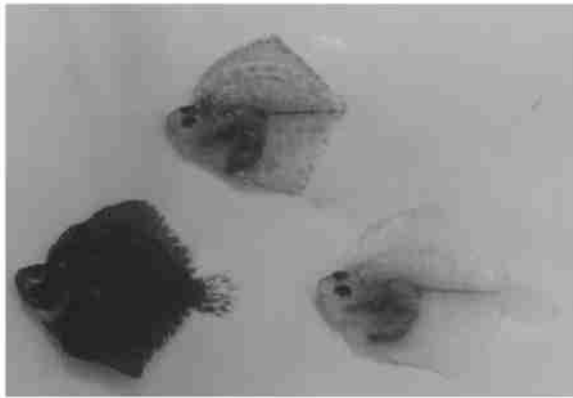


图 2 40 日龄大菱鲆鱼苗的 3 种体色苗  
Fig. 2 Three patterns of body color in 40 days old fry of *S. maximus*

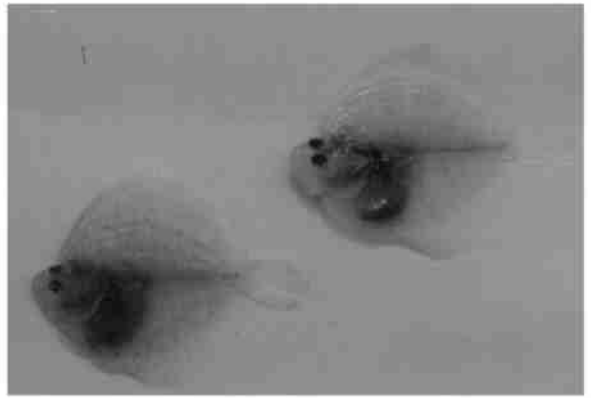


图 3 60 日龄大菱鲆鱼苗正常与白化苗有眼侧体色  
Fig. 3 The body color on ocular side of 60 days old normal and albino fry of *S. maximus*

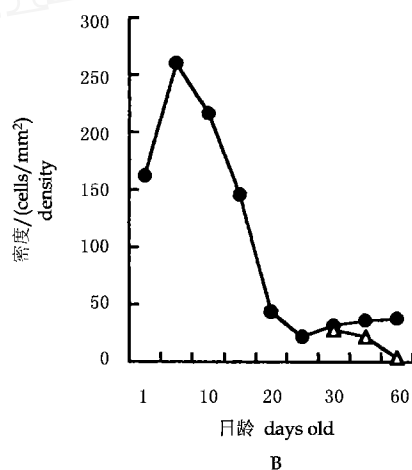
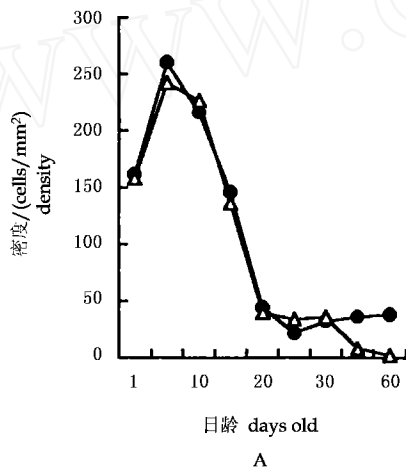


图 4 大菱鲆不同发育阶段体表黑色素细胞密度的变化

Fig. 4 Changes of density of melanophores on body surface of *S. maximus* related to different developmental stage

A: 正常个体两侧体表黑色素细胞密度的变化( 有眼侧; 无眼侧)

B: 正常个体和白化个体有眼侧黑色素细胞密度的变化( 正常个体; 白化个体)

A: change of density of melanophores on both body sides of normal individual  
( ocular side; blind side);

B: change of density of melanophores on ocular side of normal and albino individuals  
( normal individual; albino individual)

### 3 讨论

通过对大菱鲆变态发育及体表黑色素细胞的形态观察结果可以得出:14~17 水温时,大菱鲆整个早期变态发育需要 60d 左右,较其他鲆鲽类的变态周期长,这也相应增加了育苗的难度。大菱鲆的变态发育主要分为 3 个阶段:1~14 日龄主要为器官的发育。卵黄囊消失,胃、肠、鳔等器官发育完全,由内

源营养转为外源营养;14~40日龄主要为形态上的变化。该阶段生长加速,其中25日龄左右开始变态,右眼上升,身体开始出现不对称化,体形变宽,总高/全长的比值显著增加,变态完成时达到最高值0.75;40~60日龄为第3阶段,此时变态基本完成,体型变化不大,由浮游生活转入底栖生活,并且鳔器官退化,这与其开始营底栖生活的生态习性相一致。

体色的变化贯穿大菱鲆鱼苗的早期发育阶段。初孵仔鱼背鳍和臀鳍的鳍膜上有2块黑色素细胞丛,呈棕黄色,为大菱鲆仔鱼所特有的标志。此色素丛可维持到5~9日龄。在鱼苗的发育过程中体色经历几个明显的转变。从初孵至9日龄的仔鱼,体色逐日变红,称为“红苗”;从10日龄开始至24日龄仔鱼,由于体干部位的黑色素细胞日渐增多,密度相当大,鱼体外观呈黑色,称为“黑苗”;25日龄以上的稚鱼体色逐渐变浅,呈浅棕色,大量菊花状黑色素细胞密集成丛均匀分布于体表,形成花斑,称为“花苗”,这一体色转变过程是大菱鲆鱼苗生长发育过程中特有的现象。40日龄时仍有纯黑色个体,这可能是由于鱼苗营养不良或饲养环境的影响所致。这部分稚鱼的器官发育及体形正常,但体色转变过程缓慢,当正常个体的体色已变浅后,纯黑色个体两侧体表的黑色素细胞仍十分密集,呈浓黑色。随着变态的完成,黑色素细胞密度逐渐减少,最终可转变为正常体色。

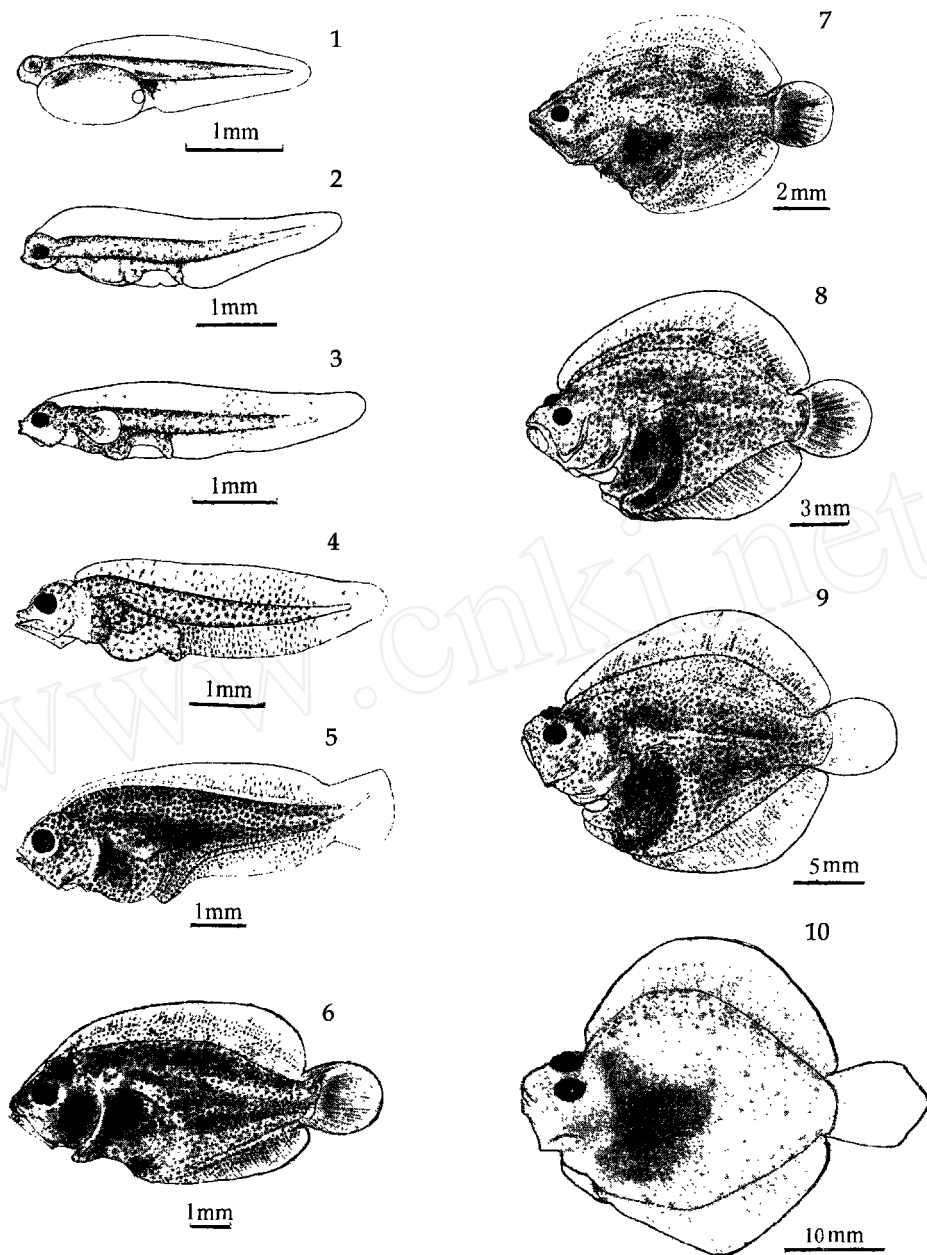
早期仔鱼体表黑色素细胞的分布是对称的,黑色素细胞类型为幼体黑色素细胞,体积较大,密度呈现先增加后减少的趋势。25~60日龄的变态阶段,鱼体两侧的体色开始不对称,两侧体表的幼体黑色素细胞都开始减少。但正常稚鱼有眼侧成体黑色素细胞出现,数量持续增加,体色变深;而无眼侧则不再出现成体黑色素细胞<sup>[10]</sup>。随着幼体黑色素细胞的消失,逐渐变为白色。因此,该生长阶段的营养调控及适宜的饲养环境将有利于促进大菱鲆苗种正常发育,顺利完成变态和体色的正常转化。

由本实验结果可知,大菱鲆的白化也多在变态开始前后形成。白化的形成是一个连续的过程,随着变态开始,其有眼侧全部或局部皮肤的黑色素细胞不能按照正常规律逐渐增加,而是同无眼侧一样,体表的幼体黑色素细胞收缩为一点并逐渐溶解,成体黑色素细胞的出现受阻,最终色素全部消失,形成白斑。随着发育的进行,白化程度会逐渐加重。如及时进行营养和饲养环境的调控,该过程是否可逆,即白化部位能否恢复正常尚待进一步研究确定。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Du J Y. Status of *Scophthalmus maximus* (Linnaeus) aquaculture in the world [J]. Modern Fish Info, 2001, 16 (2) :9 - 11. [杜佳垠. 世界大菱鲆 *Scophthalmus maximus* (Linnaeus) 养殖现状 [J]. 现代渔业信息, 2001, 16 (2) :9 - 11. ]
- [ 2 ] Dhert P, Felix M G, Ryckeghem K. Cofeeding of phospholipids to turbot *Scophthalmus maximus* L. larvae as a tool to reduce live food consumption [J]. Aquac Nutri, 1999, 5 (4) :237 - 245.
- [ 3 ] Mugnier C, Fostier A, Guezou S. Effect of some repetitive factors on turbot stress response [J]. Aquac Int, 1998, 6 (1) :33 - 45.
- [ 4 ] Puente-Novoa J M, Barja P. Protein kinase C in the spleen of the turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. Fish Physiol Biochem, 1999, 20 (2) :101 - 114.
- [ 5 ] Cunha I, Planas M. Optimal prey size for early turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) based on mouth and ingested prey size [J]. Aquac, 1999, 175 (1) :103 - 110.
- [ 6 ] Bouza C, Sanchez L, Martinez P. Gene diversity analysis in natural populations and cultured stocks of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. Animal Gene (United Kingdom), 1997, 28 (1) :28 - 36.
- [ 7 ] Venizelos A, Benetti D D. Pigment abnormalities in flathfish [J]. Aquac, 1999, 176:181 - 188.
- [ 8 ] Seikai T. Process of pigment cell differentiation in skin on the left and right sides of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, during metamorphosis [J]. Jap J Ichthy, 1992, 39 (1) :85 - 92.
- [ 9 ] Seikai T, Shimozaki M, Watanabe T. Estimation of larval stage determining the appearance of albinism in hatchery-reared juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1987, 53:195 - 200.
- [ 10 ] Seikai T, Matsumoto J. Mechanism of pseudoalbinism in flatfish: an association between pigment cell and skin differentiation [J]. J World Aquac Soc, 1994, 25 (1) :78 - 85.

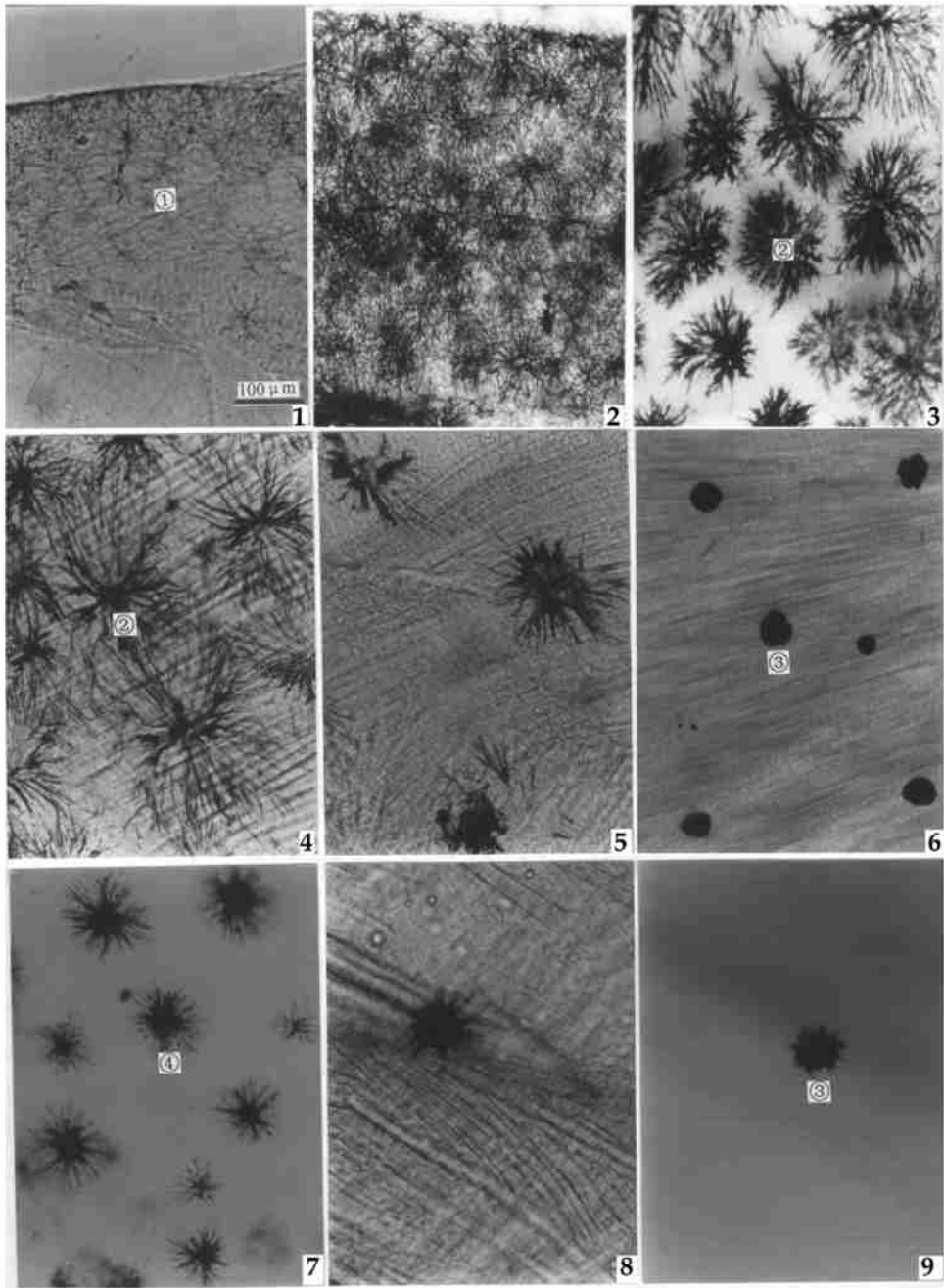
雷霖霖. 大菱鲆苗种生产技术研究. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 1999, 14 - 25.



图版 大菱鲆早期变态发育形态

Plate Metamorphosis of *S. maximus* in early developmental stages

1. 1 日龄仔鱼, 全长 3.0mm; 2. 3 日龄仔鱼, 全长 3.9mm; 3. 5 日龄仔鱼, 全长 4.1mm; 4. 10 日龄仔鱼, 全长 5.1mm;  
 5. 14 日龄仔鱼, 全长 6.7mm; 6. 20 日龄仔鱼, 全长 10.1mm; 7. 24 日龄稚鱼, 全长 11.4mm; 8. 34 日龄稚鱼, 全长 18.0mm;  
 9. 40 日龄稚鱼, 全长 25.2mm; 10. 60 日龄幼鱼, 全长 40.6mm.
1. 1 day old larvae, 3.0mm in TL; 2. 3 days old larvae, 3.9mm in TL; 3. 5 days old larvae, 4.1mm in TL; 4. 10 days old larvae,  
 5.1mm in TL; 5. 14 days old larvae, 6.7mm in TL; 6. 20 days old larvae, 10.1mm in TL; 7. 24 days old larvae, 11.4mm in TL;  
 8. 34 days old larvae, 18.0mm in TL; 9. 40 days old larvae, 25.2mm in TL; 10. 60 days old larvae, 40.6mm in TL.



图版 大菱鲆不同发育阶段体表黑色素细胞的显微结构

Plate Microphotographs of the melanophores of *S. maximus*

1. 1日龄仔鱼体表黑色素细胞,  $\times 100$ ; 2. 10日龄仔鱼体表黑色素细胞,  $\times 100$ ; 3. 20日龄仔鱼体表黑色素细胞,  $\times 100$ ;  
4. 40日龄稚鱼有眼侧体表黑色素细胞,  $\times 100$ ; 5. 40日龄稚鱼无眼侧体表黑色素细胞,  $\times 100$ ; 6. 40日龄稚鱼有眼侧体表白化部位黑色素细胞,  $\times 100$ ;  
7. 60日龄幼鱼有眼侧体表黑色素细胞,  $\times 100$ ; 8. 60日龄幼鱼无眼侧体表黑色素细胞,  $\times 100$ ;  
9. 60日龄幼鱼有眼侧体表白化部位黑色素细胞,  $\times 100$ . 早期幼体黑色素细胞; 幼体黑色素细胞; 处于收缩状态的幼体黑色素细胞; 成体黑色素细胞.

1. melanophores in skin of 1 day old larvae,  $\times 100$ ; 2. melanophores in skin of 10 days old larvae,  $\times 100$ ; 3. melanophores in skin of 20 days old larvae,  $\times 100$ ;  
4. melanophores in ocular side of 40 days old juvenile,  $\times 100$ ; 5. melanophores in blind side of 40 days old juvenile,  $\times 100$ ;  
6. melanophores in albino part of ocular side of 40 days old juvenile,  $\times 100$ ; 7. melanophores in ocular side of 60 days old juvenile,  $\times 100$ ;  
8. melanophores in blind side of 40 days old juvenile,  $\times 100$ ; 9. melanophores in albino part of ocular side of 40 days juvenile,  $\times 100$ .