

不同光照强度下乌鳢幼鱼的 摄食强度及动力学^{*}

谢从新 熊传喜 周洁 万新森 金晖

(华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

提 要

在 10^3 — 10^{-3} lx 光照强度范围内, 乌鳢幼鱼对浮游动物的摄食强度随光照强度的减弱而增强, 在 10^{-3} lx 时达最大值; 摄食率在 10^{-3} lx 时最高, 并随时间的延长而显著降低。

关键词 乌鳢幼鱼, 光照强度, 摄食强度, 摄食率, 动力学。

光照是影响鱼类摄食行为的重要生态条件之一。关于光照强度对鱼类摄食的影响, 许多研究结果肯定了摄食与光照强度之间存在着密切关系^[1-5], 还有研究者指出这种关系在不同生态类型的鱼类表现出不同的反应类型, 生活在中上层摄食浮游生物鱼类和凶猛鱼类对光照呈正(趋光)反应, 底层鱼类呈负(避光)反应^[6]。而摄食则是许多鱼类趋光的主要原因之一^[7]。也有学者认为鱼类趋光与摄食无关, 鱼类摄食不受光照强度的影响^[8]。上述情况说明, 关于光照强度与摄食的关系, 迄今的研究结果尚有分歧。

乌鳢 [*Channa argus* (Cantor)] 是一种名贵淡水鱼, 近几年来, 各地相继开展乌鳢商品鱼养殖, 但受苗、种不足的限制, 大量培育苗、种是发展乌鳢养殖亟待解决的问题。为此, 围绕着制定工厂化育苗技术, 开展了乌鳢早期形态、生态和生理特性的研究。本文仅报道光照强度与摄食的关系, 目的在于探讨视觉在摄食中的作用, 同时为工厂化育苗技术提供光照强度参数。

1 材料和方法

1.1 材料 供实验的乌鳢幼鱼由同一对亲本的受精卵人工孵化、培育。选择无脱鳞、无外伤, 活动良好的个体。幼鱼体长范围 26.1—32.0mm, 体重范围 0.33—0.56g。实验前室内水槽暂养, 24h 内不投饵, 幼鱼处于饥饿状态。饵料浮游动物在实验前约 3h 采集, 亦在实验室暂养备用。主要种类为臂尾轮虫 (*Brachionus* sp.), 剑水蚤 (*Cyclop* sp.) 及其无节幼体。

1.2 步骤 对实验的各个环节进行了预备实验, 结果表明暂养和实验期间的条件能够满足幼鱼保持良好活动状态。在长 10m、宽 1m 的水槽内注入 30cm 深的水, 水槽一

^{*} 湖北省自然科学基金项目。

1995年7月17日收到; 1996年11月14日修回。

端放置一玻璃缸，作为光源的白炽灯悬挂在此缸内，使水中形成 10^3-10^{-3}lx 范围的梯度光场，于 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 和 10^{-3}lx 照度线上，分别放入圆形玻璃缸 5 个。实验前每个缸内放入活动良好的幼鱼 3 尾。使之暗适应 1h 以上，饵料也同时进行暗适应。

实验开始时，向每个缸中加入预先配制好的饵料“母液”50ml，使实验水体中饵料含量为 $5\text{个}\cdot\text{ml}^{-1}$ 左右。放入饵料后，处于不同光照强度下的幼鱼开始进行摄食。此时，仔细观察鱼的摄食活动。并在 5、10、20、40、60min 五个时刻，分别把各个照度线上缸内的幼鱼取出，立刻用福尔马林液固定、编号、实验结束后，解剖每一尾鱼，鉴定和计数胃、肠内浮游动物的种类和个数。然后依据文献 [9] 的数据换算成重量。实验水温为 $25.5-26.0^\circ\text{C}$ ，实验时间为 7:00—9:00；全部实验均在暗视下进行。

1.3 计算 摄食强度 $F_s = M_F \cdot M_b^{-1}$ ， M_F 为幼鱼胃、肠中食物重，单位 mg； M_b 为幼鱼体重，单位 g。即每克体重摄入的食物重。用单位体重表示的摄食量较之用个体表示的摄食量更能反映鱼的摄食状况。因为，实验鱼个体大小很难做到完全一致，而不同大小的个体摄食能力会不同。

摄食率 $F = F_s \cdot \text{min}^{-1}$ 。即单位时间 (min) 内的摄食强度。

$\Delta F_s / \Delta T = (F_{s2} - F_{s1}) \cdot (T_2 - T_1)^{-1}$ 。 F_{s2} 表示后一时段 (T_2) 的摄食强度， F_{s1} 表示前一时段 (T_1) 的摄食强度。这一结果表明在前一时段摄食状况所导致的生理状态影响，幼鱼摄食活动的变化特点，即摄食动力学过程。

本实验重复 3 次，结果系 3 次实验的平均值。

2 结果

2.1 摄食强度与光照强度的关系

乌鳢幼鱼在充分适应暗视条件后，能在不同光照环境中对浮游动物饵料进行捕食

活动。根据 3 次实验的摄食强度 (F_s)、摄食率 (F) 和瞬时摄食率 ($\Delta F_s / \Delta T$) 的平均值数据绘出的三者与光照强度、摄食时间的相关曲线图见图 1—3。

由图 1 可知，在不同的摄食时段，乌鳢幼鱼摄食强度变化规律表现出共同的特点，即摄食强度在光照强度为 10^3lx 时最小，随着光照强度的减弱，摄食强度逐渐增大。摄食强度大小与光照强度的强弱之间表现出密切的负相关。还可看出，各时段曲线的斜率较小，最低值和最高值之间的差值不大，如 5min 时段最高摄食强度 (10^{-3}lx) 仅为最低摄食强度 (10^3lx) 的 1.43 倍。表明光照的强弱引起的摄食强度变化不大，

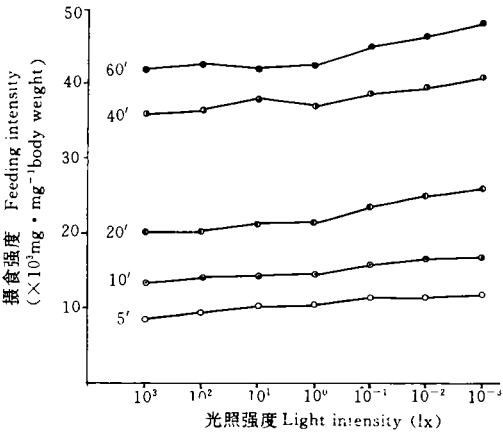


图 1 乌鳢幼鱼对浮游动物的摄食强度与光照的关系
Fig.1 The feeding intensity of the juvenile northern snake head on zooplankton in relation to light intensity.

说明乌鳢幼鱼在较强和较弱光照强度下均具较好摄食能力,但弱光照更适宜其摄食。

乌鳢幼鱼的摄食强度随时间的延长而发生变化,但在不同时段增加的幅度不同。在 5min、10min 和 20min 这三个时段,摄食强度较低,增加的幅度较小,不同照度下的平均摄食强度,10min 时仅较 5min 时增加 $4.74\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1}$ 体重;20min 时仅较 10min 时增加 $7.38\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1}$ 体重。从 20min 到 40min 摄食强度出现较大跃升。增加了 $14.43\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1}$ 体重。而从 40min 到 60min 摄食强度仅增加了 $6.74\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1}$ 体重。显然,由于各时段间隔时间不同,上述分析只是一种表面现象。如以单位时间摄食强度的增长量为标准,则可以看到乌鳢幼鱼摄食强度变化的总趋势是随时间的延长其增长量逐渐下降。

这一结果符合鱼类摄食强度随时间的延长发生变化的一般性规律。

2.2 摄食率变化的特点

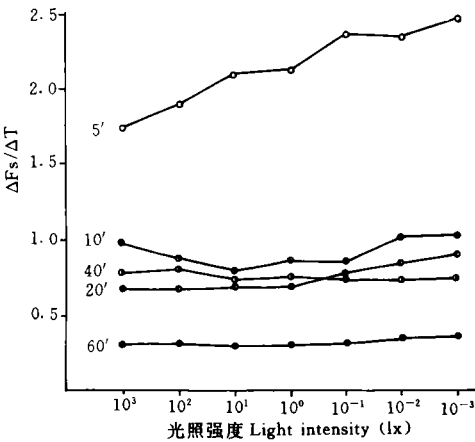


图 3 乌鳢幼鱼在不同光照条件下对浮游动物的摄食动力学过程

Fig.3 The feeding dynamics of juvenile northern snakehead on zooplankton under different illumination

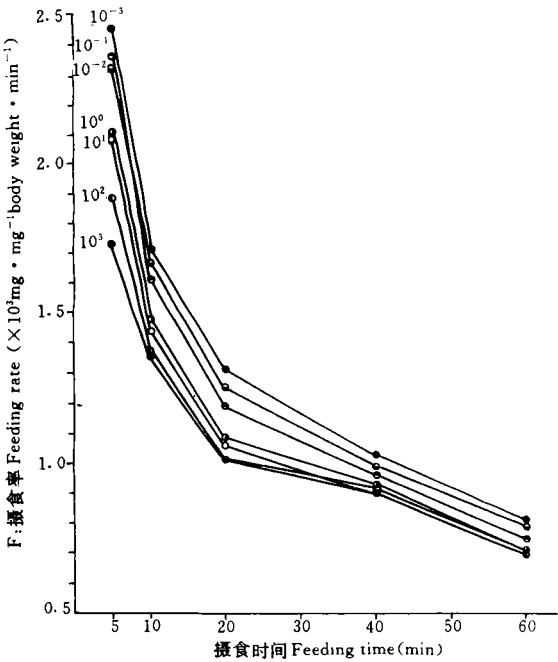


图 2 乌鳢幼鱼对浮游动物的摄食率与摄食时间的关系

Fig.2 The feeding rate of juvenile northern snakehead on zooplankton in relation to feeding time.

图 2 表明,乌鳢幼鱼对浮游动物的摄食率依光照强弱而异。从曲线分布高低来看,在 10^{-3}lx 照度下摄食率最高,随着光照强度的增强摄食率逐渐降低,在 10^3lx 照度下摄食率最低。这一结果与前述摄食强度的变化是一致的。图 2 还表明,本实验各照度组合之间每相差一个对数单位的照度值,摄食率的变化幅度不是很大,在较高照度下乌鳢幼鱼也能保持较高的摄食能力。说明乌鳢幼鱼摄食的照度范围较广。而低照度,则更为适宜。

就摄食率曲线的走向特点,可以看出摄食率随着摄食时间的延长而显著下降。这表明乌鳢幼鱼在开始经历极短暂地适应光刺激后,进食效率很快达到最大值,此

后随摄食时间的延长,胃饱满度的增加,摄食量虽然不断增加,但进食效率明显下降,摄食率不断降低。

2.3 摄食动力学过程

图3所示乌鳢幼鱼在不同光照条件下的摄食动力学曲线也具有类似于摄食强度曲线的形态与变化趋势。曲线的分布揭示了乌鳢幼鱼摄食的整个动态过程。不论在哪一光照强度下乌鳢幼鱼开始摄食的第一时段(0—5min)摄食率最高,此后随着时间的延长,摄食率逐渐下降,说明乌鳢幼鱼在第一时段由于空胃饥饿的刺激,摄食兴奋性最强,发挥出最大摄食能力,因而处于最佳摄食状态。随着时间的延长,由于前一时段摄食导致的生理状态的影响,摄食兴奋性逐渐降低,在第五时段(40—60min)摄食率降至最低点。这表明乌鳢幼鱼虽然在该时段尚有少量摄食,但整个摄食过程已趋于完成。解剖中发现,该时段的样品鱼胃已充满食物,大部分个体的肠道中出现食物,也证实了这一结论。

3 讨论

关于鱼类摄食的最适照度会因种类而异。例如 Ellertsen 等^[10]曾报道大头鳕(*Gadus morhua* L.)仔鱼在光照强度为 0.1—0.4lx 之间即可摄食丰年虫(*Artemia*)的无节幼体。Girsa 和 Pavlov^[6]报道鳀鱼和小赤梢鱼幼鱼最大摄食强度发生在 10^{-1} lx, 低于此照度幼鱼将会沉入水底。Michiyasu kiyono 等指出孵化后 3—4d 的黑鲷(*Mylio macrocephalus*)仔鱼白天摄食,夜晚停食,但在人工光照条件下可以连续摄食。Kawamura 和 Ikezeki^[11]报道鲈鱼(*Pneumatopholus japonicus*)和竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)在 8lx 照度下的吞饵次数高于黑暗时。在自然条件下,许多鱼类的仔鱼和幼鱼摄食强度表现出明显昼夜节律性变化^[12—14]。鱼类摄食强度的这种变化规律,认为与光照强度、水体溶氧量和水温昼夜周期性变化有关,其中以光照强度的影响更为显著,因为光照强度直接或间接地控制着水中溶氧量和水温的昼夜周期性变化。

本实验结果表明,乌鳢幼鱼对浮游动物的摄食强度随光照强度的减弱而增强。此外,根据作者在自然光照条件下对乌鳢幼鱼昼夜摄食节律的研究结果表明,乌鳢幼鱼的摄食强度具有明显的昼夜节律性,其摄食强度在 18 和 21 时最高。两者的结果均表明乌鳢幼鱼在较低光照强度下的摄食效果较佳。无疑地,查清最佳摄食照度,对确定投饵时间(室外)和控制光照强度(室内)具有参考意义。

曾有学者依据光照对鱼类活动的影响,将鱼类划分为白昼型、黄昏型和夜间型三种活动类型。这三种类型的最大活动照度界限分别为白昼型鱼类在 10^2 lx 以上,黄昏型鱼类在 10^{-1} lx 到 10^1 lx 之间,夜间型鱼类在 10^{-2} lx 以下。据此判断,乌鳢幼鱼应属于夜间型鱼类。路纪琪等^[15]曾指出,乌鳢成鱼的口咽腔壁和舌上的味蕾均较少,成鱼捕食主要依靠视觉而非味觉和触觉。夜间型鱼类中依靠视觉摄食的鱼类眼睛应较发达,视网膜中视杆细胞在数量上占优势。虽然已有乌鳢视觉特性的报道^[16],但对乌鳢幼鱼各感觉器官的形态学和组织学特点尚缺少了解。为了了解其摄食机制,有必要进一步研究它的视觉和其他感觉器官的组织学特性。

参 考 文 献

- [1] 何大仁、罗会明、郑美丽. 不同照度下鲮鱼幼鱼摄食强度及其动力学. 鱼类学论文集(第四辑), 北京: 科学出版社. 1983, 21—27.
- [2] Ali M A. The ocular structure, retinomoter and photobehavioural responses of juvenile Pacific salmon. *Can. J. Zool.*, 1959, 37: 965—996.
- [3] Kawamura G. Fundamental study on application of the vision of Spotted mackerel, *Pneumatophorus tapeinocephalus* (Bleeker), to angling techniques—v. Discussion on the light intensity of fish lamp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1979, 45 (10): 1237—1240.
- [4] Kawamura G, Hara S. On the visual feeding of Milkfish larvae and juveniles in captivity. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1980, 46 (11): 1297—1300.
- [5] Michiyasu Kiyono, Reijiro Hirano. Effects of light on the feeding and growth of black porgy, *Myllo macrocephalus* (basilewsky), postlarvae and juveniles. *Rapp. p.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.*, 1981, 178: 334—336.
- [6] B. P. 普罗塔索夫著(何大仁, 俞文钊译). 鱼类的行为. 北京: 科学出版社, 1984, 154—210.
- [7] Blaxter J H S. Vision in fishes. New York and London: Plenum Publishing Corporation, 1970, 757—775.
- [8] 叶奕佐译. 温度、光照对白鲢仔鱼生长和成活率的影响. 水产科技情报, 1993, 20 (4): 186—189.
- [9] 何志辉. 淡水浮游生物的生物量——改进浮游生物定量工作的当务之急. 动物学杂志, 1979, (4): 53—56.
- [10] Ellertsen B et al. Some biological aspects of cod larvae (*Gadus morhua* L.) *Rapp. p.-v. Reun. cons. Int. Explor. Mer.*, 1981, 178: 316.
- [11] 蒋志豪译. 鲈鱼和竹筴鱼在灯光下和黑暗中的吞饵活动. 国外水产, 1981, (2): 43—45.
- [12] 汪留全. 池养条件下革胡子鲶仔幼鱼摄食习性与生长的初步研究. 水产学报, 1990, 14 (2): 105—133.
- [13] 李思发、杨和荃、陆伟明、鲢、鳙、草鱼摄食节律和日摄食率的初步研究. 水产学报, 1980, 4 (3): 275—284.
- [14] T. E. 萨菲亚诺娃著(张亢西译). 论鲢鱼和竹筴鱼的光反应在一年内的变化规律. 见: 鱼类生理学会论文集. 北京: 科学出版社. 1965, 72—74.
- [15] 路纪琪、李仲辉. 乌鳢的消化器官与其机能适应性的讨论. 海洋湖沼通报, 1992, (3): 35—39.
- [16] 王小平、袁传宓. 五种淡水鱼类的颜色视觉初探. 淡水渔业, 1991, (1): 14—16.

FEEDING INTENSITY AND DYNAMICS OF JUVENILE NORTHERN SNAKEHEAD, *CHANNA ARGUS*, UNDER DIFFERENT ILLUMINATION

Xie Congxin, Xiong Chuanxi, Zhou Jie, Wan Xinmiao and Jin Hui

(College of Fishery, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract

The feeding intensity of juveniles of the Northern snakehead *Channa argus* was influenced by light intensity. Under the strong light of 10^3 lx, the feeding intensity was relatively weak, but strong under the weak light of 10^{-3} lx. The feeding intensity increased with the continuous weakening of light intensity. The feeding rate of the juveniles varied with light intensity. The highest feeding rate was observed under 10^{-3} lx, an optimum illumination found for the feeding. The feeding rate decreased with the feeding time. The feeding dynamics of the juveniles in different feeding conditions, that is, the curve of feeding dynamics, was similar in trends to the curves of feeding intensity and feeding rate.

Key words Northern snakehead, *Channa argus*, Light intensity, Feeding intensity, Feeding rate, Feeding dynamics.