

综述

光照对水生动物摄食、生长和存活的影响

周显青 牛翠娟 李庆芬

(北京师范大学生物系, 北京 100875)

EFFECTS OF LIGHT ON FEEDING BEHAVIOR, GROWTH AND SURVIVAL OF AQUATIC ANIMALS

ZHOU Xian-qing NIU Cui-juan and LI Qing-fen

(Department of Biology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

关键词: 光照, 水生动物, 摄食, 生长, 存活率

Key words: Light, Aquatic animal, Feeding behavior, Growth, Survival rate

中图分类号: Q178.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2000)02-0178-04

在水生动物生存的环境中, 光是一个复杂的生态因子, 它有多方面的生态作用, 直接或间接地影响动物的摄食、生长和存活等。目前, 光照对水生动物在这方面影响的研究尚处于资料积累阶段, 本文总结这方面的研究概况, 以期对这方面的工作有所帮助。

1 光照对水生动物摄食的影响

1.1 光照强度对水生动物摄食的影响 光照强度对水生动物摄食的影响具有种属特异性, 二者的关系是复杂的。Petersen^[1]就光照强度与动物摄食之间的关系, 提出了两种摄食模型, 即具有峰值的摄食曲线和S型摄食曲线。具有前一种摄食曲线的动物, 是依靠视觉摄食的。光对于视觉摄食的鱼类是必需的, 存在着一个适宜的光照范围, 在此范围内, 鱼摄食最为活跃, 摄食量最高; 高于或低于此范围的光照强度, 都将使摄食量降低, 而且, 在个体发育的不同阶段, 适宜照度区会有变化。真鲷 (*Pagrosomus major*) 稚鱼的适宜照度范围为 $10^1 \sim 10^2 \text{ lx}$, 仔鱼为 $10^0 \sim 10^2 \text{ lx}$ ^[2]。依靠视觉摄食的鱼类不仅存在一个适宜的光照强度, 而且还存在一个摄食的视觉阈值, 低于此阈值, 摄食很少或不摄食, 而且随着视觉的发育, 光敏感性上升, 摄食的视觉阈值降到较低水平。Ali 对大麻哈鱼 (*Oncorhynchus keta*) 幼鱼和 Blaxter 对鲽 (*Pleuronectes platessa*) 早期仔鱼的研究都证明了这一点。在最适光照范

收稿日期: 1997-11-10; 修订日期: 1999-07-19

作者简介: 周显青, 女, 山东省诸城市人, 现为北京师范大学博士, 主要从事中华鳖生理生态的研究

围之下,由于随着光照强度的减弱,鱼类越来越难寻找到食物,因而,随着光照强度的减弱,摄食率逐渐降低,当光照强度降到视觉阈值以下时,动物就不能从环境中辨别出食物,导致了摄食停止。S型摄食曲线是指随着光照强度的减弱,摄食量增大,当光照强度减弱到一定程度时,摄食量最大,且基本保持恒定。鲟(*Phoxinus phoxinus*)在不同光照强度下的摄食曲线即属于此种摄食曲线^[1],中华鳖(*Trionyx sinensis*)的摄食量随光着强度的减弱而增加,在10lx的弱光下达最大^[3]。具有S型摄食曲线的动物,除了视觉以外,尚有其它感觉在摄食中起作用。如鳟(*Salmo trutta*)在黑暗中摄食与在有光时一样有效。

1.2 光周期对水生动物摄食的影响 光周期对动物摄食的影响如同光照强度一样具有种属特异性。蛙形蟹(*Ranina ranina*)的水蚤幼虫和普伦白鲑(*Coregonus pollan*)幼体的摄食量随着光周期的缩短而降低。而鲑(*Salmo salar*)在偏离其自然光周期的光照条件下,其摄食量都将减少。实验发现,中华鳖的摄食量不受光周期的影响^[4]。水生动物的摄食不仅受外界环境因素的影响,而且具有自身的昼夜摄食节律。叶唇鱼(*Stychocheilus oregonensis*)在黄昏和黑暗时摄食活动强烈,摄食量最多;而金鱼(*Carassius auratus*)24h内有两个摄食高峰,即在9:00—11:00和17:00—21:00摄食量是较大的,而在晚上23:00—4:00停止摄食^[5],鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙(*Aristichthys nobilis*)不仅有昼夜摄食节律,而且具有季节摄食节律。鱼类的摄食节律可能与水中溶氧和水温有关。动物在适宜的环境下摄食可以节省能量。De Silva等发现,在氧浓度恒定的条件下,尼罗非鲫(*Oreochromis nilotica*)的幼鱼氧消耗的日节律与摄食阶段一致。在昼夜垂直移动中进行摄食的鱼类,大部分原因是自然光照强度的昼夜变化所致,同时也与其食物种类昼夜移动有关。

动物的昼夜摄食节律是为了充分有效的利用自然界食物资源而进化发展的一种生理节律。动物摄食的内源性节律并不是一成不变的,而是随外界环境条件的变化而变化。摄食节律的季节性变化可能是由于外界环境的刺激,或是动物的年内源性生理节律(如生殖状态)以及行为变化所致,而这又主要取决于光信息。

1.3 光谱成分对水生动物摄食的影响 光谱成分对水生动物摄食的影响也具有种属特异性,如同光照强度和光周期一样。鲱鱼的幼鱼对黄绿光较为敏感,在560 μm 光波处摄食最为活跃;白鲑的幼鱼对短波的绿光较为敏感,而对长波的红光不敏感,尽管红光能射入更深的水层,但白鲑的幼鱼所能摄食的水层深度并不由红光决定,而是由绿光决定。在实验条件下的清水中,银鲈(*Bidyanus bidyanus*)的幼鱼和金鲈(*Macquaria ambigua*)的幼鱼对黄-橙光波最为敏感,而在澳大利亚东南部,其自然生活环境的浑浊污水中,黄色和橙色波长的光占优势,这说明,这两种鱼的幼鱼视觉系统对其自然环境中占主导波长的光有很好的适应。由于不同环境中光波的成分不同,生活在其中的鱼类的视觉色素细胞的数量及对光波的吸收也会有所不同。在通常情况下,硬骨鱼类的视网膜具有三种视觉色素细胞,对蓝、绿和红光吸收最大。虎鲃*Barbus tetrazona*和*Cichlasoma longimanus*拥有这三种视觉色素细胞,但它们对长波光最为敏感。这对长波的敏感性,可能是对它们栖息的浑浊和污染的水体迅速减弱的短光波的一种进化反应^[6]。

光谱成分对水生动物摄食的影响因个体发育的不同阶段而异。Fanjul-moles等报道,发育少于4周的龙虾(*Procambarus clarkii*)只对蓝光敏感,而对红光无反应,发育4周后

的个体才对红光有反应。龙虾有两个昼夜节律的感光系统,一个是在发育早期出现的对蓝光敏感的短波感光系统;另一个是在发育后期出现的对红光敏感的长波感光系统。对短光波敏感系统由神经系统调控,而对长波敏感系统由内分泌系统调控,这表明,在个体发育的不同时期,对光波的敏感性不同^[7]。以视觉摄食的鱼类,不同光照强度对摄食的影响,可能比不同光谱成分的影响更重要。

2 光照对水生动物生长、发育和存活率的影响

2.1 光照强度对水生动物生长、发育及存活率的影响 光照强度对水生动物生长的影响因种而异,既能促进也能抑制。中华鳖在 10lx 的弱光下生长最快,随着光照强度的增加,生长速度变慢;但大鳞大麻哈鱼 (*Oncorhynchus tshawytscha*) 在强光下比在弱光下生长快;而北极红点鲑 (*Salvelinus alpinus*) 幼体在 501x 时生长最快,死亡率较低,高于或低于此值的光照强度都会使生长速度减慢^[8]。此外,红点鲑和大西洋鲑都是在强光下死亡率最高,在黑暗时死亡率最低。这说明,动物的生长有其所需的最低和最适光照强度,其值因种而异,这是动物在长期的进化过程中形成的对其所栖息环境的适应。但白鲢仔鱼在光照强度为 100~1000 lx 时,生长速度没有明显的差异。

光照强度对动物发育的影响也具有种类专一性。大麻哈鱼卵在有光处比在无光处发育慢 4~5d,而过度光照,将导致新陈代谢失调以至死亡。保持在恒光条件下的星鲮的卵到黑暗下不久就孵化。与此相反,浮性卵在光线充足的条件下才能正常发育,如置于暗处则延缓其发育过程。比目鱼在阴暗处发育比在有光条件下慢 1.5—2d。大西洋鲑的卵在光处比在暗处孵出的多。

2.2 光周期对水生动物生长、发育和存活率的影响 许多研究表明,光周期对水生动物生长和存活率有很大影响。Minagawa 报道,蛙形蟹的幼体随着光周期的延长,生长和变态都减慢。连续 24h 的光照对其幼体的生长、变态和存活都有负作用,而在持续 24h 完全黑暗的条件下,其生长较光照时间为 6h、12h、18h 和 24h 条件下都快。狭鳕 (*Theragra chalcogramma*) 在恒黑条件下比在自然的昼夜交替条件下,孵化率高,发育快。鲢、鳙和鲤 (*Cyprinus carpio*) 随着日照时数的延长,生长速度都加快,但在短日照时数下鲤长得远快于鲢和鳙,而鲢和鳙在日照 10—12h,生长速度最快,成活率最高^[9]。动物可能存在其生长所需的最低和最适光周期,这可能是在长期进化过程中形成的对其生活环境的一种适应。Withey 对大西洋鲑的研究也证明了这一点,即任何偏离其自然光周期的光照条件,都将使其生长速度减慢。而光周期的变化对中华鳖的生长没有显著影响^[4]。这与 Nakanishi 对堪察加拟蟹 (*Paralithodes camtschaticus*) 的研究结果一致。这些问题尚有待于进一步探讨。

光周期对动物存活率的影响还依个体发育的不同阶段而有明显不同。蛙形蟹幼体在五龄以后的存活率,在连续 24h 的光照下较其它光周期下低,而大眼幼虫期的存活率在光照 12h 时最高,但最后一龄幼虫的存活率在全黑暗条件下与光照 6h、12h、18h 下相似^[8]。这表明,在动物发展的不同阶段,对光的适应能力是不同的。

光在自然界的变化具有一定的稳定性和规律性,在长期的进化过程中,大多数动物形成了其摄食和生长的适宜光照环境。但也有一些动物的摄食和生长不受光照的影响。纵观国内外这方面的研究报道,目前尚处于个体水平的资料积累阶段,许多问题还有待于进

一步探讨,如动物在不同发育时期的最适摄食和生长的光照条件等。随着研究工作的进一步深入,必将会从个体的描述水平走向复杂机理的探讨,从细胞和分子水平来解释光的作用机制。研究光对水生动物的摄食、生长和存活的影响还有其重要的实践意义。根据动物适宜摄食和生长的光照条件,在水产养殖业中可采取适当措施,改善水体光照环境,以达到提高产量的目的。

参 考 文 献

- [1] Petersen J H, Gadomski D. Light-mediated predation by northern squawfish on juvenile chinook salmon [J]. *J. Fish Biol.* 1994, **45A**:227~242
- [2] 李大勇,何大仁,刘晓春.光照对真鲷仔、稚、幼鱼摄食的影响[J].台湾海峡,1994, **13**(1): 26~31
- [3] 周显青,牛翠娟,李庆芬等.光照强度对中华鳖稚鳖摄食和生长的影响[J]. 动物学报,1998, **44**(2): 157~161
- [4] 周显青,牛翠娟,李庆芬.光周期对中华鳖稚鳖摄食、生长和能量转换的影响[J]. 生态学报,1999, **19**(3): 386~387.
- [5] Wang J Q, Flickinger S A, Be K, et al. Daily food consumption and feeding rhythm of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during fry to fingerling period [J]. *Aquaculture* 1989, **83**:73~79
- [6] Gehrke P C. Influence of light intensity and wavelength on phototactic behaviour of larval silver perch *Bidyanus bidyanus* and golden perch *Macquaria ambigua* and the effectiveness of light traps [J]. *J. Fish Biol.* 1994, **44**:741~751
- [7] Fanjul-moles M L, Miranda-anaya M, Fuentes-prado B. Effect of monochromatic light upon the ERG circadian rhythm during ontogeny in crayfish (*Procambarus clarkii*) [J]. *Comp. Biochem. Physiol.* 1992, **102A**(1):99~106
- [8] Minagawa M. Effects of photoperiod on survival, feeding and development of larvae of the red frog crab, *Ranina ranina* [J]. *Aquaculture* 1994, **120**:105~114
- [9] 王吉桥,赵德树,张景全.不同日照时数对鲤、鲢、鳙鱼苗生长和存活的影响[J]. 生态学杂志,1994, **13**(3): 41~44