

不同波长光照对日本沼虾视觉的影响

许燕¹,袁维佳¹,赵云龙²,胡慧¹

(1. 上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200234; 2. 华东师范大学生命科学学院, 上海 200062)

摘要: 被剪去触角的日本沼虾经过暗适应 12h 后, 在不同波长的红光(750nm), 黄光(580nm), 蓝光(400nm), 绿光(560nm)下, 其平均摄食量差异极显著。在红光和绿光光照区域内的平均摄食量为 65.71% 和 61.15%, 远大于蓝光和黄光光照区域内的 41.86% 和 33.08%。同样经过 12h 的暗适应后, 在无饵料的情况下, 日本沼虾的趋光行为为红光的频次最高。

关键词: 日本沼虾; 不同波长的光照; 摄食量; 趋光行为

中图分类号: Q436 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(2003)03-0075-04

在长期的进化过程中, 大多数动物形成了对其生活环境光照特点的适应性^[1]。研究发现鸟类具有辨别色光的能力^[2], 在节肢动物中, 蜜蜂、蝴蝶^[3,4]、海虾^[5]等可对不同波长的光有不同的行为反应, 且同时还具有一定程度的辨色能力。这方面的研究既可从理论上探索动物的光感觉机理及动物与环境因子的适应关系, 也可指导经济动物养殖的生产实践。但这方面的研究在甲壳动物中开展得还不够。

日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)是被人工大量养殖的经济甲壳动物。近年来对其养殖生态、繁殖生物学进行了广泛研究。它的视觉器官——复眼也是研究无脊椎动物光感觉生理的常用材料, 已发现日本沼虾复眼的超微结构在光适应和暗适应条件下是有差异的^[6], 对在光感觉生理中起重要作用的 G 蛋白的活性也产生影响^[7], 另外还发现包括复眼在内的眼柄有无对日本沼虾的生长造成显著影响^[8]。但是已有的研究都采用全波长的光照, 究竟日本沼虾对哪一种波长的光最敏感还不了解。作者研究了在 4 种不同波长(400nm, 560nm, 580nm 和 750nm)光照下日本沼虾的摄食和行为, 发现了对其最敏感的光照波长, 以期为甲壳动物光感觉的生理学研究和淡水甲壳动物的养殖提供有益的资料。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

实验用日本沼虾成体系购自上海市农贸市场的人工饲养品种。每次实验用虾 50~55 只左右, 实验前剪去每只虾的触角。

1.2 养殖环境条件

剪去触角的日本沼虾饲养在 70.0cm × 41.5cm × 41.5cm 的玻璃水族箱内, 水深 16cm 左右, 充气泵

收稿日期: 2002-11-27

基金项目: 上海市教委高校科技发展基金项目(02DK04)

作者简介: 许燕(1962-), 女, 上海师范大学生命与环境科学学院副教授, 博士研究生; 袁维佳(1957-), 男, 上海师范大学生命与环境科学学院教授。

增氧.水族箱四周和底部用黑纸包裹.每次投喂新鲜螺蛳肉,大小如绿豆状,各40粒分置于4个培养皿内(直径9.5cm).每天用橡皮管吸去水底污物并换水.养殖水温为20℃左右.

1.3 光照装置

40W的冷光源灯泡,分别置于4个安装有红、黄、蓝、绿滤色镜的灯箱内,以分出4种光谱:红光(750nm),蓝光(400nm),黄光(580nm),绿光(560nm).光照区域位于水族箱的4个角,呈1/4圆状,光照半径为15.0cm,光照距离为42.5cm.

1.4 方法

1.4.1 不同波长光照对日本沼虾摄食量的影响

实验第一天,将剪去触角的日本沼虾置于玻璃水族箱内,于暗室过夜.第二天,将4个灯同时打开,并将事先准备好的备有40粒饵料的培养皿分置于4种不同波长光的照射区域内,同时开始计时.30min后取出培养皿,停止光照,记录每培养皿内的剩余饵料数,并计算摄食量.每次喂食在17:00~18:00间进行.第三天,继续暗适应;第四天重复第二天的实验;第五天,继续暗适应;第六天,再重复第二天的实验.若虾数少于30只则终止实验,重新开始.不同次光照时,不同波长的灯光互相交换位置.

$$\text{摄食量}(\%) = 100 \times (\text{饵料总数} - \text{剩余数}) / \text{饵料总数}$$

1.4.2 不同波长光照下日本沼虾趋光行为观察

实验第一天,将剪去触角的日本沼虾置于玻璃水族箱内,于暗室过夜,进行暗适应(约12h).第二天,将四灯同时打开,观察日本沼虾的趋光行为,并在开灯光照5min,25min后,分别记录日本沼虾进入4种不同波长光的照射区域的频次,每次计时5min.第三天,继续暗适应.第四天,重复第二天的实验.直到日本沼虾数少于30只,即终止实验.不同次光照时,不同波长的灯光互相交换位置.

1.4.3 统计分析

每组实验均重复多次,取平均值作为实验结果,并对所有实验数据进行方差分析^[9].

2 结果

2.1 不同波长光照对日本沼虾摄食量的影响

不同波长光照下日本沼虾的摄食量如图1所示.在750nm的红光和560nm的绿光照射下,日本沼虾的平均摄食量分别为65.71%和61.15%,而在400nm的蓝光和580nm的黄光照射下,平均摄食量为33.08%和41.86%.方差分析(表1)显示 $F > F_{0.01}$,可知日本沼虾在4种波长光照射下的摄食量差异极显著.多重比较(表2)结果表明:日本沼虾在红光和绿光的照射区域的摄食量相近,二者皆大于蓝光照射区域的摄食量,远大于黄光照射区域的摄食量.

表1 不同波长光照下日本沼虾摄食量的方差分析

K	自由度(DF)	平方和(SS)	方差(S ²)	F	F _{0.05}	F _{0.01}
组间	3	9394.0	3131.0	6.023 **	2.758	4.126
组内	48	2495.6	519.9			

(F 大于 F_{0.01}, 所以差异极显著)

表2 不同波长光照下日本沼虾摄食量的多重比较表

	黄光	蓝光	绿光	K	Q _{0.05}	WSD _{0.05}	Q _{0.01}	WSD _{0.01}
红光	32.63 **	23.86 *	4.56	2	2.86	14.87	3.82	19.86
绿光	28.07 **	16.99 *		3	3.44	17.88	4.87	25.32
蓝光	8.67			4	3.79	19.70	4.70	24.44

2.2 不同波长光照下日本沼虾的趋光行为观察比较

剪去触角的日本沼虾经过 12h 的暗适应后,在 4 种不同波长光照下,实验初期的沼虾趋光行为十分活跃. 在最初的光照 10min 内,日本沼虾进入红光照射区域的平均频次 93/5min 明显多于蓝光、黄光和绿光的照射区域的平均频次(平均频次分别为 81.75,86.0,85.0/5min). 同时在 4 种光照下皆出现少数日本沼虾正对光源,垂直上下游动的现象. 但随着光照时间的增加,沼虾活动能力降低,基本上都聚集于暗处,处于休憩状态. 对光照 30min 内日本沼虾进入 4 种不同波长光照照射区域的频次(表 3),进行统计分析,结果表明 $F < F_{0.05}$,日本沼虾对 4 种不同波长的光照的趋光行为差异不明显.

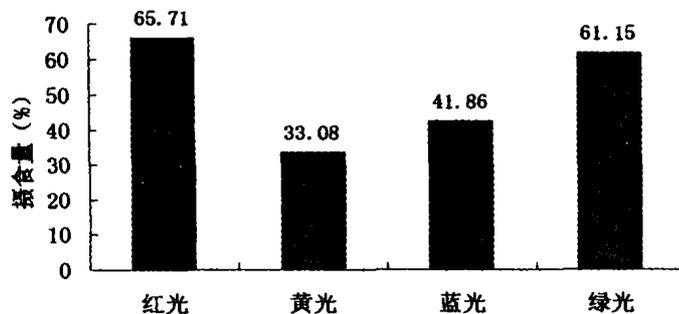


图 1 不同波长光照下日本沼虾的平均摄食量

表 3 日本沼虾进入不同波长光照区域的频次

光照时间(min)	频次(次/5min)			
	红光	黄光	蓝光	绿光
5	60	46	40	46
	119	109	118	104
	89	74	79	85
	104	98	107	105
平均值	93.0	81.75	86.0	85.0
25	35	33	24	32
	18	16	9	16
	17	11	13	14
	11	12	5	9
平均值	20.25	18.0	12.75	17.75
总平均频次	56.63	49.88	49.38	51.38

3 讨论

我们以日本沼虾的摄食行为作为检测其对不同波长光照敏感性的指标. 由于日本沼虾除了复眼的视觉外,其两对触角的触觉和化学感觉在摄食行为中也起了重要作用. 因此,我们在实验开始前把日本沼虾的触角剪除,以便使视觉作为实验对象唯一发现食物的器官,而排除其他因素的干扰.

去掉触角后的日本沼虾摄食和行为可能主要依赖于感光器对光的敏感度. 因此,通过上述研究在一定程度上可以反映日本沼虾感光器对不同波长光刺激的敏感性差异. 从实验结果看,日本沼虾在红光和绿光照射区域的平均摄食量大于蓝光和黄光照射区域,且差异显著. 日本沼虾的趋光行为实验观察显示,在最初的光照 10min 内,日本沼虾进入红光照射区域的频次明显多于蓝光、黄光、绿光的照射区域. 因此,可以认为日本沼虾对红光(750nm)的敏感性较高,在 750nm 光波处的摄食也最为活跃. 同时,根据资料已知,日本沼虾有昼伏夜出活动觅食的生活习性,而在红光下是相对最接近黑暗的环境,其平均摄食量最高,这说明对红光的高敏感性是与它的生活习性相一致的. 而日本沼虾在绿光照射区域的平均摄食量高于蓝光和黄光的照射区域,则表明它对绿光的敏感性高于蓝光和黄光,在绿光照射下,可将日本沼虾较多地诱向放有饵料的地方,从而导致其在 560nm 光波处摄食也很活跃,这可能与日本沼虾的水生环境有关. 据报道鲑腹神经感光器对 510nm 波长的绿光最敏感^[10],鲱鱼的幼鱼对黄绿光较

为敏感,在560nm光波处摄食最为活跃,而白鲢的幼鱼对绿光也较为敏感^[11]。

日本沼虾在红光和绿光照射区域的平均摄食量大于蓝光和黄光照射区域,表明光谱成分决定了日本沼虾的不同光敏感性,从而对日本沼虾的摄食有一定影响,这种影响虽然反映出它对不同波长光照敏感性的差异,但是关于日本沼虾的感光器对不同波长光照敏感性的作用机制及其在摄食行为中的作用还不清楚,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 周显青,牛翠娟,李庆芬.光照对水生动物摄食、生长和存活的影响[J].水生生物学报,2000,24(2):178-181.
- [2] FRANCISCO J V, ADRIAN G P, TIMOTHY H G. Color Vision of Birds[A], Vision, brain, and behavior in birds[C]. Cambridge, MA: MIT Press, 1993.
- [3] MICHIO K, NAKOP S, KENTARO A. Color vision of the foraging swallowtail butterfly papilio xuthus[J]. The Journal of Experimental Biology 1999, 202: 95-102.
- [4] MICHIO K, KENTARO A. Colour constancy of the swallowtail butterfly papilio xuthus[J]. The Journal of Experimental Biology 2000, 203: 3521-3530.
- [5] THOMAS W C, ROY L C, JUSTIN M. Tunable color vision in a mantis shrimp[J]. Nature 2001, 411: 547-548.
- [6] 袁维佳,张顿蕾,范艳雯.光适应对日本沼虾复眼超微结构的影响[J].华东师范大学学报(动物学专辑)1999(11): 1-5.
- [7] 章骏,袁维佳,许燕.几种甲壳动物感光器中的Gq蛋白 α 亚基的研究[J].上海师范大学学报(自然科学版), 2001, 30(4): 73-78.
- [8] 张海燕,陈新旦,范艳雯等.切除两侧眼柄对日本沼虾的影响[J].上海师范大学学报(自然科学版),1999,28(3): 84-88.
- [9] 童一中.生物统计法[M].湖南科学技术出版社,1986.
- [10] DORLOCHTER M, STIEVE H. The Limulus ventral photoreceptor: light response and the role of calcium in a classic preparation[J]. Progress in Neurobiology, 1997, 53: 451-515.
- [11] GEHRKE P C. Influence of light intensity and wavelength on phototaxis behaviour larval silver perch *Bidyanus bidyanus* and golden perch *Macquarri ambigua* and the effectiveness of light traps[J]. J. Fish Biol. 1992, 44: 741-751.

Influence of Light Wavelength on the Vision of the *Macrobrachium nipponenses*

XU Yan¹, YUAN Wei-jia¹, ZHAO Yun-long², HU Hui¹

(1. College of Life and Environment Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234;

2. School of Lifesciences, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract: The *Macrobrachium nipponenses* which had been get rid of their antennas were trained in a darkroom 12 hours and they were given light of different wavelength (red 750nm, yellow 580nm, blue 400nm, green 560nm). There were significant differences among the feeding quantities. The feeding quantity under the red and green light (65.71% and 61.15%) is higher than that under the yellow and blue light (41.86% and 33.08%). Under the same condition, we observed the action of them for 30 minutes. At this time there were no baits under each light. It is observed that phototaxis of the *Macrobrachium nipponenses* under the red light is the highest.

Key words: *Macrobrachium nipponense*; light of different wavelength; feeding quantity; phototaxis