第21卷第5期 海洋与湖沼 Vol. 21, No. 5
1990年9月 OCEANOLOGIA ET LIMNOLOGIA SINICA Sept., 1990

研究简报

三疣梭子蟹视觉特性的电生理研究*

郑微云 朱敏娟
(厦门大学)

三疣梭子蟹分布广，资源丰富，经济价值高，是我国重要的海洋水产资源之一。它的趋光行为表明其视觉特性在生活中占重要位置[1]。目前，对无脊椎动物视觉研究多以昆虫和头足类为对象[2,3]。虽然 Wald 等对马蹄蟹、蜘蛛蟹等的色觉方面有过研究[8-10]，但未能得出一致结论。郑微云、罗会明于1979年所发表的论文，曾用行为方法对三疣梭子蟹色觉进行过研究，但不够深入[1]。我们试图用电生理方法对三疣梭子蟹的视觉特性作较系统分析，为了解甲壳动物视觉特性提供资料。

一、材料和方法

1. 材料及其处理

材料是于1984年12月—1985年3月在厦门和龙海附近海面捕获的三疣梭子蟹 *Portunus trituberculatus* (Miers)，在自然光照条件下饲养于海水池中，经常更换新鲜海水。经3—5d后选择体长为7.5—11.0cm、体宽14.5—21.5cm的良好个体。将其螯足及附肢用纱布捆紧后，固定在有孔的有机玻璃板上，用棉花填塞被测定眼的眼窝，使其眼柄固定垂直于朝光方向。然后将其置于盛有海水的槽中，只留额区于空气中，在这种条件下记录的反应一般可稳定在8 h左右。有的蟹在实验后，放回水池，第二天仍可继续实验。本实验共用蟹35只，进行42次实验。

2. 光刺激和电记录系统

光刺激系统。实验用光路系统提供两束光路，其强度和波长可用经校准的中性滤光片和干涉滤色片调节。两束光经混光立方体和透镜聚焦于蟹眼。未衰减的背景光功率密度为3750μW/cm^2(白光)，刺激光功率密度为5460μW/cm^2(白光)。文中光强度($\log I$表示刺激光强，$\log I_B$表示背景光强)均以衰减的对数单位表示。刺激时程由电磁快门(日本 Hirgio 社，MS-101)控制，一般为200ms；两次刺激间隙为20s，以保证相邻两刺激不致相互影响。

电反应记录系统同文献[2]。

3. 测定方法

暗适应曲线的测定。测定前将动物置于黑暗环境1—2h，待阈值稳定后，以白光作漂白光适应7 min后撤光，测定撤光后暗适应过程不同时间的阈值变化。

光谱敏感性测定方法同文献[4]。

* 本文系中国科学院科学基金资助课题。
收稿日期：1986年9月30日。

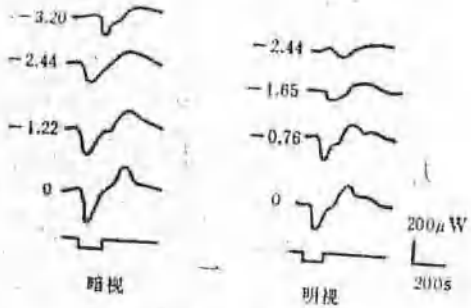

图 1　三疣梭子蟹 ERG 波形

Fig. 1　ERG waveform of *Portunus trituberculatus*

各波形旁数字为刺激光强，下线为光刺激信号；振幅标尺为 200μW，时间标尺为 200ms。

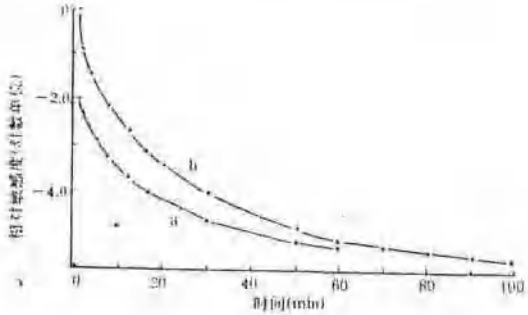

图 2　三疣梭子蟹暗适应曲线

Fig. 2　Dark adaptation curves of *Portunus trituberculatus*

a. $\log I_B = 0$;　b. $\log I = 0$。

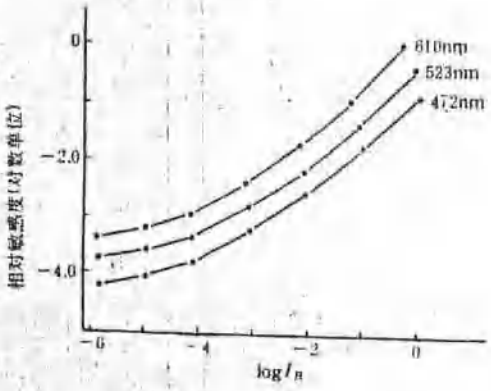

图 3　三疣梭子蟹辨增阈曲线

Fig. 3　Incremental threshold of *Portunus trituberculatus*

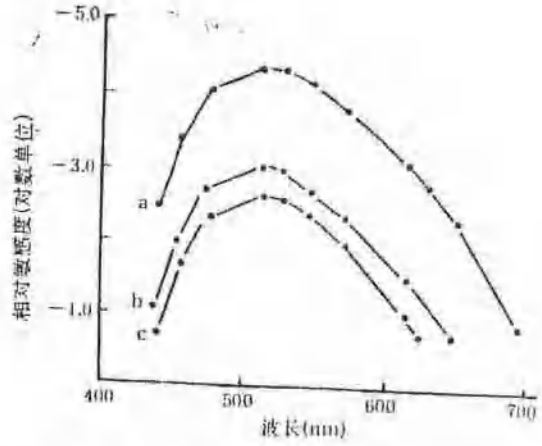

图 4　白光适应对三疣梭子蟹 ERG 光谱敏感曲线影响

Fig. 4　Effects of white light adaptation on ERG spectral sensitivity curves of *Portunus trituberculatus*

a. 暗视;　b. 明视 $\log I_B = -3.17$;　c. 明视 $\log I_B = -1.25$。

二、结 果

1. 一般适应特性

在完全暗适应条件下，用刺激时间为200ms的不同强度光刺激得到一组ERG(图1)。其特点是，在光刺激期间是一个简单的角膜负波，而撤光时产生正相偏转电位。ERG振幅随光强增强而增大，本实验最大达5.4mV。

在明适应情况下(背景光 $\log I_B = -2.0$)，ERG没有明显变化，最大振幅仅略有下降到4.5mV(图1)。

2. 暗适应特性

暗适应进程随漂白光强的强弱有很大差异。当漂白光为 $\log I_B = 0$，撤光后阈值较快下降，经暗适应60min就回到暗视水平，阈值变化3.1对数单位(图2a)。当漂白光为 $\log I = 0$ 时，撤光后阈值迅速下降，经过100min暗适应也回到原来暗视水平，阈值变化5.4对数单位(图2b)。两曲线都平滑下降，无平台出现。

3. 辨增阈曲线

对于三疣梭子蟹暗适应曲线平滑下降，没有明显的平台或转折，这提示，三疣梭子蟹复眼中只存在单一的感受系统。为进一步考察，又观察了白色背景光下的不同波长刺激光引起的反应阈值变化，即辨增阈曲线。如果只存在单一的感受系统，则无论使用刺激光波长如何，其所得辨增阈曲线均应彼此平行。如果存在几个感受系统，情况则不同。图3系刺激光波长分别为472nm，523nm，610nm的三疣梭子蟹的辨增阈曲线。从图中看出三条曲线随背景光增加，其阈值均平行上升，没有交叉的趋势。

4. 光谱敏感曲线

为了确定三疣梭子蟹是否是单一感受系统，用两种不同强度白光作背景光，比较和观察暗视光谱敏感曲线和明视光谱敏感曲线变化(见图4)。除绝对敏感度降低1.4—1.9对数单位(曲线下移)外，峰值都在513nm，没有见到浦肯奇位移现象，曲线几乎没有变化。

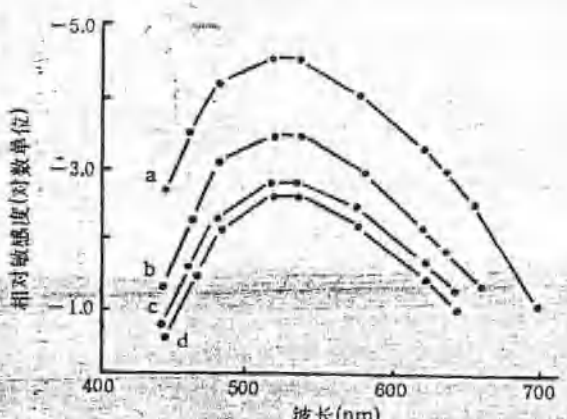

图5 颜色光适应对三疣梭子蟹ERG光谱敏感性曲线的影响

Fig. 5 Effects of selective chromatic adaptation on ERG spectral sensitivity curves of *Portunus trituberculatus*

a. 暗视；b. 红背景光；c. 蓝背景光；d. 绿背景光。

颜色光适应通常能把光谱敏感性不同的感受系统区别开来，因而是鉴别视感受器是否只是单一感受系统的有效方法。图5是以红(642nm)、绿(528nm)、蓝(440nm)三种不同颜色分别为背景光所得出的光谱敏感曲线。三种不同颜色光适应和白光适应的结果相似，只是敏感度下降，峰值仍为513nm左右，无次峰。三种颜色光适应的作用强度不同，当 $\log I_B$ 相等时，绿色光适应所引起的敏感度下降最明显，在峰值处

下降 2.0 对数单位；其次是蓝光，其峰值下降 1.8 对数单位；而红光适应只引起峰值处敏感度下降 1.0 对数单位(图 5)。

三、讨　论

三疣梭子蟹暗适应进程与无针乌贼[2]不同，它即使受到最强光照($\log I = 0$)漂白后，只要经过 100min 的暗适应，其阈值就能回到原来暗视水平。这是因为，虽然三疣梭子蟹和无针乌贼网膜都属于感杆型，但它们结构有很大差异。三疣梭子蟹的光感受器的小网膜细胞周围具有色素细胞，包括主色素，虹膜色素细胞和网膜色素细胞，它们包围小眼的全长形成色素细胞外套，具有隔光作用[7]。所以尽管它的网膜受最强光照漂白，网膜的视紫红质也不会被大量漂白，阈值恢复较快。

三疣梭子蟹暗适应曲线平滑下降没有出现平台和辨增阈曲线没有交叉趋势特征表明了其网膜不仅是属于杆感型，而且只有单一感受系统。以不同光强和不同光色背景的明视光谱敏感曲线同暗视光谱敏感曲线相比，其峰值都没有变化，仍在 513nm，无出现浦肯奇位移，曲线只因背景光影响而下移，波形也没有变化，更进一步证实了三疣梭子蟹只有单一感受系统，因而缺乏颜色分辨能力。这表明，郑微云、罗会明用行为学方法实验所得三疣梭子蟹具有趋颜色光反应的结论是不够准确的[1]。本实验结果与锯缘青蟹（*Saylla serrata*）、螯龙虾（Lobster）相同[6,10]，这是与三疣梭子蟹的底栖、喜弱光的生活习性相适应的[5]。

参　考　文　献

[1] 郑微云、罗会明，1979。三疣梭子蟹对颜色光的趋光反应。海洋科学 **3**: 15—18。

[2] 郑微云、柴敏娟，1981。头足类视觉特性的电生理研究 I. 海洋学报 **3**(3): 472—476。

[3] 郑微云、柴敏娟，1981。无针乌贼视网膜电图特性电生理研究。海洋科学 **4**: 37—40。

[4] 郑微云，1985。赤点石斑鱼的视觉特性。厦门大学学报(自然科学版) **24**(4): 493—500。

[5] 罗会明、郑微云，1981。水平光梯度下三疣梭子蟹趋光反应的实验研究。海洋学报 **3**(2): 300—306。

[6] 杨雄里、郑微云、柴敏娟，1985。锯缘青蟹复眼的单一感受系统。生理学报 **37**(1): 61—69。

[7] 蔡浩然、乌万禄，1977。视觉分子生理学基础。科学出版社，20—26 页。

[8] Bruno, M. S. et al., 1973. Spectral absorption and sensitivity measurements in single ommatidia of the green crab *Carcinus*. *J. Comp. Physiol.* 82: 151—163.

[9] Scott, S. & M. I. Mote, 1974. Spectral sensitivity in some marine custacea. *Vision Res.* 14: 659—663.

[10] Wald, G., 1968. Single and multiple visual systems in arthropods. *J. Gen. Physiol.* 51: 125.