

半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)与摄食行为 相关的特定感觉器官研究*

马爱军¹ 王新安^{1,2} 庄志猛¹ 柳学周¹

(1. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;
2. 中国海洋大学 青岛 266003)

提要 在实验室条件下,通过特定感官消除或抑制方法和特定感官刺激方法对半滑舌鳎摄食行为反应机制进行了研究。结果表明,半滑舌鳎主要依靠侧线摄食,其侧线主要对猎物的低频振动起反应;嗅觉起辅助作用,头部各边缘部位和躯干中上部各鳍具有部分作用;视觉在捕食中的作用不大,味觉在食物吞咽过程中起很大作用。由于半滑舌鳎主要利用侧线捕食猎物,嗅觉起辅助作用,在人工养殖条件下,应根据其摄食生理特点,设计投喂饲料,制定投喂策略。

关键词 半滑舌鳎,摄食行为,特定感觉器官
中图分类号 S963

半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis* Günther)是一种大型名贵暖温性底层鱼类,俗称细鳞、牛舌头、鳎目、鳎米、龙利,属鲽形目 Pleuronectiformes、舌鳎科 Cynoglossidae,主要分布于渤海、黄海海域,具有生长速度快、肉质细腻、味道鲜美、经济价值高等特点,是目前渔业生产上一种新的优良养殖对象。在人工养殖条件下,半滑舌鳎的摄食习性非常特殊,对颗粒饲料采取底匍摄食(马爱军等,2005)。这一特殊的摄食行为,使人工养殖条件下的投喂非常困难,摄食差、死亡率高并表现出生长缓慢现象,严重地制约了半滑舌鳎的规模化养殖。目前,对半滑舌鳎的生物学(姜言伟等,1988b;万瑞景等,2004)及人工繁殖与养殖(姜言伟等,1993)方面都有深入的研究,然而,半滑舌鳎摄食行为的研究少见报道(王新安等,2006)。为此,本文作者运用特定感官消除或抑制方法与特定感官刺激方法,对半滑舌鳎的摄食行为的反应机制进行了初步研究,为促进人工养殖条件下半滑舌鳎的摄食提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

实验于2005年11月—2006年1月在山东莱州明波水产有限公司实验室进行,实验用半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)取至该公司车间,体长14—20cm,体重30—40g,共100尾。实验前在室内饲养30天以完全适应环境。动过外科手术的鱼观察其反应,待其恢复到正常状态时,开始实验,以避免手术后的应急反应期。日摄食量的测定在40cm×30cm×40cm的透明有机玻璃水族箱中进行,每箱放置半滑舌鳎4尾。捕食行为的观察和定量测定在实验室内的实验用圆台形塑料池进行,内放半滑舌鳎20尾。圆台形塑料池,上底直径为120cm,下底直径为100cm,高40cm;实验时塑料池水深维持15cm。光照小于500lx,水温18℃。透明有机玻璃水族箱用充气泵增氧,实验用塑料池内微流加入纯氧的外海水。

*国家“863”项目资助,2005AA603110号;青岛市自然科学基金资助项目,05-2-JC-59号。马爱军,博士,副研究员, E-mail: maaj@ysfri.ac.cn

收稿日期:2006-01-31,收修改稿日期:2006-03-16

1.2 方法

1.2.1 特定感官的消除或抑制方法 将实验鱼用乙醚麻醉后用外科手术的方法摘除整个眼球以消除视觉。利用医用凡士林完全堵塞半滑舌鳎的鼻孔以抑制嗅觉(梁旭方, 1995)。实验鱼用麻醉剂 MS-222(烷基磺酸盐同位氨基苯甲酸乙酯)麻醉后, 用高效洗洁精将有眼侧侧线部位冲洗干净并用吸水纸吸干, 然后涂上一层氰基丙烯酸酯, 固化 30s, 以抑制侧线。

1.2.2 特定感官的刺激方法 (1) 单一的视觉刺激 通过半滑舌鳎对隔玻璃板各种实验食物或模拟猎物的攻击反应进行单一的视觉刺激。水族箱规格为 60cm × 30cm × 40cm (长 × 宽 × 高), 沿长边方向用透明玻璃板和玻璃胶隔成宽度分别为 50cm 和 10cm 的大小两间, 大间中放养实验鱼 4 尾, 水体容积为 0.032m³, 小间中放置待测的各种实验食物或模拟猎物。实验食物或模拟猎物包括: 日清 S8 颗粒料、活沙蚕、圆形玻璃珠子和用塑料制成的虾及蟹模型。在小间内, S8 颗粒料静止放置观察, 其余实验食物或模拟猎物用透明尼龙丝系牢, 活沙蚕即系在尾端, 使其自然运动。对于圆形玻璃珠子和虾蟹模型, 用手提着细尼龙丝, 紧贴水箱壁底部抖动并模仿虾蟹运动, 速度为 0—5cm/s, 运动方式分连续和不连续(等间歇 1s)两种。

(2) 侧线刺激和化学感觉刺激 在圆台形塑料池中, 通过盲半滑舌鳎对低频振动的不同化学性质模拟猎物的攻击反应进行侧线刺激和嗅觉刺激; 同时, 通过盲半滑舌鳎对不同化学性质模拟猎物的吞噬反应进行味觉刺激。需振动模拟猎物由自制的电动机械装置驱动, 该装置由曲柄、连杆、电动机、稳压电源和调速开关五部分组成, 通过调速开关控制振动频率。

1.2.3 本文中所采用各指标的计算方法(梁旭方, 1995) (1) 日摄食量的计算 采用减量法进行计算, 实验开始时投入一定量状态良好的活沙蚕, 以后每天同一时刻测定剩余活沙蚕的重量, 其差值除以半滑舌鳎尾数即为日摄食量[g/(尾数 × d)]。每天测定后补充活沙蚕至开始时的重量。沙蚕湿重即为通过纱网过滤后无水滴下落时的重量。

$$\text{日摄食量}(\text{g}/\text{尾数} \times \text{d}) = \frac{\text{投喂活沙蚕的总重量}(\text{g}) - \text{剩余活沙蚕的重量}(\text{g})}{\text{半滑舌鳎尾数} \times \text{实验天数}}$$

(2) 行为出现率的观察计算 每次实验开始时将实验食物或模拟猎物放置在半滑舌鳎头部约 1cm 处, 通过 10 次重复, 每次观察时间为 2min。10 次观察中出现某种行为的频率即为该种行为的出现率(%). 待测半滑舌鳎饥饿 1 天。每组数据重复 15 次。

$$\text{行为出现率}(\%) = \frac{\text{出现某种行为的次数}}{\text{观察次数}}$$

(3) 跟踪率和攻击率的计算 通过测定 10min 内对实验食物或模拟猎物的重复跟踪次数或攻击次数计算跟踪率和攻击率。待测半滑舌鳎饥饿 1 天。每组数据重复 10 次。

$$\text{跟踪率}[\text{次}/(\text{尾数} \times \text{min})] = \frac{\text{重复跟踪次数}}{\text{半滑舌鳎尾数} \times \text{测定时间}}$$

$$\text{攻击率}[\text{次}/(\text{尾数} \times \text{min})] = \frac{\text{重复攻击次数}}{\text{半滑舌鳎尾数} \times \text{测定时间}}$$

1.2.4 实验结果的统计分析 文中的数据统计分析采用 Duncan 氏多重比较法分析差异显著性; 显著性水平取为 0.05。SPSS 软件处理。

2 结果与讨论

2.1 半滑舌鳎的捕食特征

研究表明, 半滑舌鳎栖息于泥沙质海底, 食性广, 喜食活饵, 作为“夜间鱼”家族中的一员, 习惯夜间摄食(马爱军等, 2005; Ma *et al.*, 2006), 在自然海区中主要以底栖虾类、蟹类、小型贝类及沙蚕类等为食(窦硕增等, 1992)。在人工养殖条件下, 可驯化摄食颗粒料。

根据观察, 半滑舌鳎的摄食方式为典型主动咬食攻击型, 肉食性鱼类摄食特点非常突出。在人工养殖条件下, 即使对颗粒料, 仍采取底匍咬食攻击, 主动咬食动作极其显著; 在自然海域, 对活饵料沙蚕、虾、蟹等底栖无脊椎动物, 一般情况下, 半滑舌鳎采取底匍咬食的方式摄食; 当活饵料位于半滑舌鳎头部前上方时, 偶尔也可主动跃起摄食。实验室观察还发现, 半滑舌鳎在摄食沙蚕时, 一般是前冲或侧冲咬住沙蚕, 猛地甩头, 把沙蚕抛到无牙的有眼侧口裂间夹住, 用有牙的无眼侧咀嚼。通过夜视仪观察半滑舌鳎在完全黑暗条件下的捕食行为发现, 其捕食特征与有光照条件下完全相同。半滑舌鳎不仅具有侧扁的体形, 而且其有眼侧体色与海底泥沙颜色极其相似, 这即可以起到保护色的作用, 避免被捕食, 也非常有利于迷惑猎物, 使一些猎物主动游到半

滑舌鳎附近,从而有利于半滑舌鳎对其进行攻击。这可能是由于半滑舌鳎长期匍匐于泥沙中生活的结果。

2.2 感官消除或抑制对半滑舌鳎日摄食量的影响

实验结果见表 1。对于一种感官的消除或抑制:当去除视觉或嗅觉时,半滑舌鳎的日摄食量与感官完整的个体相比,对其正常捕食活动没有显著影响($P > 0.05$),而当抑制侧线时,半滑舌鳎的日摄食量与感官完整的个体相比,则存在显著差异($P < 0.05$),前者比后者平均降低了 51%,这说明侧线在半滑舌鳎的捕食活动中具有主导作用,即半滑舌鳎能够利用侧线独立地对猎物进行识别、定位并产生捕食反应。对于二种感官的消除或抑制:当同时去除或抑制视觉与嗅觉时,半滑舌鳎的日摄食量与感官完整个体的日摄食量、去除视觉个体的日摄食量和抑制嗅觉的日摄食量相比,差异均不显著($P > 0.05$),但与抑制侧线个体日摄食量相比则存在显著差异($P < 0.05$);当同时去除或抑制视觉与侧线和侧线与嗅觉时,二者的日摄食量与感官完整个体的日摄食量、去除视觉个体的日摄食量、抑制嗅觉的日摄食量和同时去除或抑制视觉与嗅觉的日摄食量相比,差异均显著($P < 0.05$);在上述各组比较数据之间,同时消除或抑制视觉与侧线的日摄食量与单一抑制侧线的日摄食量比较,差异不显著($P > 0.05$),这进一步说明侧线在半滑舌鳎摄食活动中的重要作用,同时也说明视觉在捕食中作用不大;实验结果还发现,同时抑制侧线与嗅觉时,半滑舌鳎的日摄食量与同时消除或抑制视觉与侧线的日摄食量和单一抑制侧线的日摄食量比较,差异均显著($P < 0.05$),前者比后者分别平均降低了 29.79%和 33.11%,这说明,除侧线外,嗅觉在半滑舌鳎的摄食活动中也具有一定的作用,它能够增强半滑

舌鳎对活饵料的识别和定位能力,但这种作用只是在侧线发挥作用条件下的一种辅助作用,在侧线的作用受到抑制时,单一嗅觉的作用在摄食量上则没有体现出来,这可能是由于半滑舌鳎嗅觉对活饵料的定位能力较差的缘故。可见,虾、蟹及沙蚕等底栖活饵料特有的气味对半滑舌鳎具有一定的诱食作用。当同时消除或抑制视觉、嗅觉和侧线这三种感官时,半滑舌鳎的日摄食量与感官完整的日摄食量、一种感官消除或抑制条件下的三种日摄食量、同时消除或抑制视觉与嗅觉和视觉与侧线时的日摄食量任何二者之间的比较,差异均显著($P < 0.05$),但与同时抑制侧线与嗅觉时的日摄食量比较则没有显著影响($P > 0.05$),更加体现出半滑舌鳎在捕食活动中侧线起主导作用,嗅觉起辅助作用的特征。

从表 1 还可以看出,视觉、嗅觉和侧线这三种感官同时去除或抑制时,半滑舌鳎仍然具有部分摄食能力,与感官完整的个体相比占 30.67%左右,这是一个很大的比例,说明半滑舌鳎除了上述 3 种感觉以外,还有其他感觉在捕食活动中起到重要作用。实验室观察发现,半滑舌鳎在池底游弋时,无论是头部各边缘部位还是躯干中上部各鳍碰到颗粒料时,都能够迅速调整身体的姿势对饵料进行咬食攻击。显然,半滑舌鳎头部各边缘部位和躯干中上部各鳍的触觉功能在捕食活动中具有部分作用。据推测,半滑舌鳎的头部边缘和各鳍上很可能含有丰富的感觉器官,初步判断为触觉感觉器官或味蕾,尚需要进一步的实验确认。

关于鱼类摄食行为与感觉器官之间关系的研究主要集中于视觉(Holmes *et al.*, 1986; Zaret, 1980; Kawamura *et al.*, 1980),然而,许多鱼类有

表 1 感官消除或抑制对半滑舌鳎日摄食量的影响(平均值 \pm 标准误)

Tab.1 The daily feeding consumption in *C. semilaevis* under sense organs disable/enable conditions (mean \pm S.E.)

感官消除或抑制状态	位置	日摄食量[g/(尾数 \times d)]
感官完整		3.00 \pm 0.06 ^a
一种感官消除或抑制	视觉	2.97 \pm 0.01 ^a
	嗅觉	2.92 \pm 0.03 ^a
	侧线	1.48 \pm 0.01 ^b
两种感官消除或抑制	视觉+嗅觉	2.89 \pm 0.03 ^a
	视觉+侧线	1.41 \pm 0.04 ^b
	侧线+嗅觉	0.99 \pm 0.01 ^c
三种感官消除或抑制	视觉+侧线+嗅觉	0.92 \pm 0.03 ^c

注:实验数值上标表示多重比较结果,字母相同表示差异不显著($P > 0.05$);字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

其他的感觉器官在摄食行为中发挥重要的作用, 例如化学感觉(Harvey *et al.*, 2002; Hara, 1994; Atema, 1980)、电觉器官(Kalmijn, 1974)和侧线(Janssen *et al.*, 1993; Bleckmann, 1993; Montgomery *et al.*, 1985; Bleckmann *et al.*, 1982)。特别是底栖鱼类, 由于生存环境光线较弱, 这些非视觉器官在摄食行为中具有更为重要的作用。对斑点杜父鱼(*Cottus bairdi*)的研究表明(Denise *et al.*, 1985), 侧线在其摄食行为中具有极其重要的作用。Mackie 等(1980)研究欧洲鳎(*Solea solea*)的摄食习性, 发现欧洲鳎主要在夜间利用化学感觉摄食, 视觉作用不大, 而 Appelbaum 等(1983)对欧洲鳎的摄食习性研究表明, 侧线在其摄食行为中特别是变态后同样具有重要作用。本文研究结果与上述鱼类的摄食行为既有相同之处, 又有一定的差异。作者认为, 半滑舌鳎主要依靠侧线摄食, 嗅觉起辅助作用, 头部各边缘部位和躯干中上部各鳍具有部分作用。对半滑舌鳎的生物学研究表明, 半滑舌鳎栖息于泥沙质海底, 习惯夜间摄食(马爱军等, 2005), 因此, 视觉受到限制而退居次要地位, 其发达的侧线和较小的眼睛可能是由于长期适应底栖生活, 生物自身进化的结果。

2.3 半滑舌鳎特定感官对猎物刺激的行为反应

2.3.1 视觉刺激 半滑舌鳎对玻璃隔板外猎物及模拟猎物捕食反应的实验结果(表 2)表明, 从跟踪率上看, 半滑舌鳎对人工养殖条件下正常摄食的静止 S8 颗粒料的跟踪率为零; 对半滑舌鳎喜食活沙蚕、与人工和天然饵料系列无任何关系的圆形玻璃珠子(包括连续和不连续运动两种方式)、以及在自然海域半滑舌鳎喜食的虾蟹的模型(包括连续和不连续运动两种方式), 都具有一定极低的跟踪率, 且任何二者之间比较差异均不显著($P > 0.05$)。从攻击率上看, 对所有的猎物或模拟猎物, 无论哪一种运动方式, 攻击率都为

零。对与半滑舌鳎人工和天然饵料系列无任何关系的圆形玻璃珠子具有一定极低的跟踪率, 且同其他半滑舌鳎天然饵料或其模型的极低跟踪率比较差异均不显著($P > 0.05$)说明, 半滑舌鳎对各种猎物或模拟猎物的跟踪有可能是一种无意识的偶然行为; 即使是有意识的跟踪行为, 极低的跟踪率(对活沙蚕的跟踪率最高, 仅为 0.030 ± 0.009), 而且对任何猎物或模拟猎物都没有发生攻击行为说明, 半滑舌鳎的视觉在其捕食活动中不可能起到主导作用。

2.3.2 侧线刺激和化学感觉刺激 盲半滑舌鳎对猎物或模拟猎物捕食反应的实验结果见表 3。由表 3 可知, 盲半滑舌鳎对静止的模拟猎物没有反应, 对静止的鲜蛭子块有相对较弱的攻击反应, 而对低频振动的鲜、臭蛭子块和塑料小球则有较强的攻击反应。盲半滑舌鳎对低频振动猎物的攻击行为出现率显著地高于静止的猎物($P < 0.05$), 由实验结果还发现, 在低频振动猎物各组之间, 对振动臭蛭子块和塑料小球的攻击反应无显著性差异($P > 0.05$), 而对振动鲜蛭子块的攻击反应则显著高于对其他两种振动的攻击反应($P < 0.05$), 这说明低频振动对诱导半滑舌鳎的攻击行为起着主导作用, 同时嗅觉对诱引半滑舌鳎摄食具有一定的辅助作用, 能够增强对活饵料的识别和定位能力, 即半滑舌鳎主要利用侧线的感觉功能攻击猎物, 嗅觉在攻击猎物时具有一定的辅助功能。尽管盲半滑舌鳎对各种低频振动的模拟猎物均有较强的攻击反应, 但对不同化学性质模拟猎物的吞噬行为出现率存在较大差异。盲半滑舌鳎对发生反应的所有振动和静止的鲜蛭子块能完全吞噬, 完全不能吞噬振动的臭蛭子块和塑料小球。同时, 对于这两种完全不能吞噬的模拟猎物, 在被摄入口腔后的反应也明显不同, 对臭蛭

表 2 半滑舌鳎对玻璃隔板外猎物或模拟猎物(模拟猎物的长度或直径约 2cm)的捕食反应(平均值 \pm 标准误)

Tab.2 Response of *C. semilaevis* to varies preys (2cm in length or cross) (mean \pm S.E.)

猎物或模拟猎物	运动方式	跟踪率[次/(尾 \times min)]	攻击率[次/(尾 \times min)]
S8 颗粒料	静止	0.000 \pm 0.000 ^a	0.000 \pm 0.000 ^x
活沙蚕	自然运动	0.030 \pm 0.009 ^b	0.000 \pm 0.000 ^x
圆形玻璃珠子	连续运动	0.010 \pm 0.006 ^{ab}	0.000 \pm 0.000 ^x
	不连续运动	0.020 \pm 0.009 ^{ab}	0.000 \pm 0.000 ^x
塑料虾和螃蟹模型	连续运动	0.020 \pm 0.005 ^{ab}	0.000 \pm 0.000 ^x
	不连续运动	0.025 \pm 0.008 ^b	0.000 \pm 0.000 ^x

注: 同一列实验数值上标意义同表 1

表3 盲半滑舌鲷对猎物或模拟猎物(模拟猎物的长度或直径约2cm)的捕食反应(平均值±标准误)

Tab. 3 Response of blinded *C. semilaevis* to various preys (2cm in length or cross) (mean ± S.E.)

猎物种类	攻击行为出现率	吞噬行为出现率	猎物被摄入口腔后的反应特征
静止模拟猎物	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^x	
静止鲜蛭子块	0.34 ± 0.07 ^b	0.34 ± 0.07 ^y	迅速吞咽
振动臭蛭子块	0.74 ± 0.05 ^c	0.00 ± 0.00 ^x	迅速吐出
振动塑料小球	0.80 ± 0.03 ^c	0.00 ± 0.00 ^x	在口腔内保持一段时间后吐出
振动鲜蛭子块	0.94 ± 0.07 ^d	0.94 ± 0.07 ^z	迅速吞咽

注: 同一列实验数值上标意义同表1

子块迅速吐出, 而对塑料小球则在口腔内保持一段时间后吐出, 显然, 与硬度相比, 半滑舌鲷的口咽腔对味道更为敏感。这说明猎物的味觉刺激决定半滑舌鲷对猎物的吞噬反应, 即味觉在半滑舌鲷吞噬食物过程中起着至关重要的作用。这可能是由于半滑舌鲷主要依靠侧线的感觉功能进行捕食, 因此需要发达的味觉系统对摄入口腔内猎物的可食性进行最后的辨别。

综上所述, 在自然海域, 半滑舌鲷主要依靠对运动刺激敏感的侧线感觉捕食虾蟹等底栖活饵, 嗅觉只是具有一定的辅助作用。而在实际养殖过程中, 一般养殖鱼类在摄食时颗粒料时起很大作用的是化学感觉, 因而半滑舌鲷对颗粒料的摄食较差。目前, 对半滑舌鲷营养策略的研究, 除了探讨在饵料中添加幼食剂增强嗅觉刺激外, 强化侧线刺激, 促进半滑舌鲷的摄食也应该引起足够的重视。

3 结论

3.1 半滑舌鲷的摄食方式为典型主动咬食攻击型, 肉食性鱼类摄食特点非常突出。

3.2 半滑舌鲷主要依靠侧线摄食, 嗅觉起辅助作用, 能够增强对活饵料的识别和定位能力, 头部各边缘部位和躯干中上部各鳍具有部分作用, 视觉在捕食中的作用不大。半滑舌鲷主要利用侧线捕食, 有利于其在底栖生活且夜间摄食的弱光条件下, 对虾蟹等猎物进行准确的近距离识别和定位。

3.3 半滑舌鲷对低频振动的饵料有较强的攻击反应和吞食行为, 对静止的饵料有明显低的反应和吞食行为; 半滑舌鲷主要利用侧线的感觉功能攻击猎物, 嗅觉在攻击猎物时具有一定的辅助功能。因此, 人工养殖条件下, 对半滑舌鲷投喂策略问题的研究, 应从强化侧线刺激和在饵料中添

加诱食剂增强嗅觉刺激等方面考虑。

3.4 半滑舌鲷的味觉在食物吞咽过程中起着至关重要的作用。

致谢 山东莱州明波水产有限公司为本研究提供了试验材料和便利条件, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- 万瑞景, 姜言伟, 庄志猛等, 2004. 半滑舌鲷早期形态及发育特征. 动物学报, 50(1): 91—102
- 马爱军, 柳学周, 徐永江等, 2005. 半滑舌鲷早期发育阶段的摄食特性及生长研究. 海洋与湖沼, 36(2): 130—137
- 王新安, 马爱军, 庄志猛等, 2006. 半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*)摄食行为感觉作用的研究. 海洋与湖沼, 37(6): 555—560
- 姜言伟, 万瑞景, 1988. 渤海半滑舌鲷早期形态及发育特征的研究. 海洋水产研究, 9: 185—192
- 姜言伟, 万瑞景, 陈瑞盛等, 1993. 渤海半滑舌鲷人工育苗工艺技术的研究. 海洋水产研究, 14: 25—33
- 梁旭方, 1995. 鳎捕食行为的研究. 海洋与湖沼(增刊), 26(5): 119—124
- 窦硕增, 杨纪明, 1992. 渤海南部半滑舌鲷的食性及摄食的季节变化. 生态学报, 12: 368—376
- Appelbaum S, Schemmel C, 1983. Dermal sense organs and their significance in the feeding behavior of the common sole *Solea vulgaris*. Marine Ecology-Progress Series V, 13: 29—36
- Atema J, 1980. Chemical Sense, Chemical Signals, and Feeding Behavior in Fishes. In: Bardach J E, Magnuson J J, Mary R C *et al* ed. Fish Behaviour and Its Use in the Capture and Culture of Fishes. Manila: ICLARM, 57—94
- Bleckmann H, 1993. Role of the Lateral Line in Fish Behaviour. In: Pitcher T J ed. The Behavior of Teleost Fishes, 2nd ed. Chapman & Hall, London, 201—245
- Bleckmann H, Schwartz E, 1982. The functional significance of frequency modulation within a wave train for prey localization in the surface-feeding fish, *Aplocheilichthys lineatus*. J Comp Physiol, 145: 331—339
- Denise H, John J, 1985. Non-visual feeding behavior of the mottled sculpin, *Cottus bairdi*, in Lake Michigan. En-

- Environmental Biology of Fishes, 12(2): 111—117
- Hara T J, 1994. The diversity of chemical stimulation in fish olfaction and gustation. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 4: 1—35
- Harvey R, Batty R S, 2002. Cutaneous taste buds in gadoid fishes. J Fish Biol, 60: 583—592
- Holmes R A, Gbson R N, 1986. Visual cues determining prey selection by the turbot, *Scophthalmus maximus* L.. J Fish Biol, 29(Suppl. A): 49—58
- Janssen J, Corcoran J, 1993. Lateral line stimuli can override vision to determine sunfish strike trajectory. Journal of Experimental Biology, 176: 299—305
- Kalmijn A J, 1974. The detection of electric fields from inanimate and animate sources other than electric organs. Handbook of Sensory Physiology V, 3: 146—199
- Kawamura G, Hara S, 1980. On the visual feeding of milk-fish larvae and juvenile in captivity. Bull Japan Soc Fish, 46: 1297—1300
- Ma Ai-Jun, Liu Xue-Zhou, Xu Yong-Jiang *et al.*, 2006. Feeding rhythm and growth of the tongue sole, *Cynoglossus semilaevis* Günther, during its early life stages. Aquaculture Research, 37: 586—593
- Mackie A M, Adron J W, Grant P T, 1980. Chemical nature of feeding stimulants for the juvenile Dover, sole, *Solea solea* (L). J Fish Biol, 16: 701—708
- Montgomery J C, Saunders A J, 1985. Functional morphology of the piper *Hyporhamphus ihi* with reference to the role of the lateral line in feeding. Proc R Soc Lond, 224B: 197—208
- Zaret T M, 1980. Predation in Freshwater Communities. New Haven and London University Press, London, England, 1—187

STUDY ON RELATIONSHIP OF THE SPECIAL SENSE ORGAN AND FEEDING BEHAVIOUR OF *CYNOGLOSSUS SEMILAEVIS* GÜNTER

MA Ai-Jun¹, WANG Xin-An^{1,2}, ZHUANG Zhi-Meng¹, LIU Xue-Zhou¹

(1. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071; 2. Ocean University of China, Qingdao, 266003)

Abstract *Cynoglossus semilaevis* Günther, a flat fish deep water species, is a high-nutrition and economic valued species and currently cultured widely in China. Since its special behavior of crawling-and-preying at night, problems have occurred in artificial feeding performance causing low feeding, slow growth, and even death. For solutions to the problems, we conducted a lab research into the senses-for-food by the fish in a local company in Laizhou, Shandong of China between November 2005—January, 2006. Our experimental strategy was to disable/enable certain sense organs of the fish in combination using visual, mechanical and chemical stimuli under laboratory conditions, to see which organs and how they sense for food. The organs included eyes, lateral line and nose. The methods of the disable/enable treatments were presented.

When one or two eyes and nostrils were blocked, the fish could still feed as normal, indicating that the vision and olfaction do not function in prey for the fish as the organs have been degenerated as it has fully adopted habituating dark and bottom water. However, its lateral lines have been developed with strong sensing. Once the lateral lines were disabled, its daily feeding was largely reduced. In addition, our study shows that the combination effect of nostrils-and-lateral-line blocking was remarkably greater than that of eyes-and-lateral-lines blocking, indicating its importance of sense is in order of tactility, olfaction, and vision. Moreover, when all the three senses were disabled, *C. semilaevis* could still feed partly, a possible explanation for that is the tactile function by fins and head.

Blinded *C. semilaevis* could attack various types of preys and artificial preys in low movement, and also still and fresh dead clam. The moving frequency affected the feeding very weakly, and the attacking for moving and fresh dead clam was quite often. The taste sense of the fish is highly developed, allowing the fish to snap and swallow fresh clam but rotten clam or plastic globule. Seemingly, the oral cavity is more sensitive to taste than to texture.

It is shown that *C. semilaevis* attacks mainly its preys by lateral line sensing. When the lateral lines were working, the olfaction co-works, depending partially on the feeling by fins and head. The taste sense is used when snap and swallow. The lateral lines play effective role on preying, which may explain why *C. semilaevis* feed artificial diets unwillingly that supplied in normal schemes.

Key words *Cynoglossus semilaevis* Günther, Feeding behavior, special sense organs