

克氏原螯虾幼体及亚成体对中华鳖的趋避行为

王陈路, 覃简萍, 黄 成*

南京大学生命科学学院, 江苏 南京 210093

摘要:【背景】在我国, 克氏原螯虾是一种外来入侵水生生物, 已经对入侵地的生态环境造成严重的破坏。【方法】在 Y 形水迷宫中, 研究有经验和无经验的幼体及亚成体克氏原螯虾对中华鳖的趋避行为。【结果】幼虾无论是否有经验都会显著回避中华鳖, 降低外倾性; 而亚成体虾对中华鳖的反应不及幼虾灵敏。【结论与意义】2 种不同发育阶段的外来入侵物种克氏原螯虾均会回避土著物种中华鳖, 为外来入侵生物防治和动物行为学及相关研究提供了参考。

关键词: 克氏原螯虾; 中华鳖; 趋避性; 捕食

Behavioral responses of juvenile and subadult crayfishes (*Procambarus clarkii*) to its predator, the soft-shelled turtle *Trionyx sinensis*

Chen-lu WANG, Jian-ping QIN, Cheng HUANG*

School of Life Science, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China

Abstract: 【Background】The red swamp crayfish (*Procambarus clarkii* G.) is an invasive aquatic organism to China, and has caused lot damage to the freshwater ecosystems in China. It has few predators, but the native soft-shelled turtle *Trionyx sinensis* is a potential predator. 【Method】This research aims at discovering the behavioral response of juvenile and subadult crayfishes to the soft-shelled turtle. Experiments were conducted in a "Y"-maze under laboratory conditions. 【Result】Juvenile crayfish, experienced or not, showed a strong aversion to the turtle; subadult crayfish were less sensitive than the juveniles. 【Conclusion and significance】The red swamp crayfish demonstrated avoidance to the soft-shelled turtle. Further tests should be performed to examine the behavioural reactions of this invasive species to its potential predators.

Key words: *Procambarus clarkii*; *Trionyx sinensis*; taxis and avoidance; predation

克氏原螯虾 *Procambarus clarkii* Girard 由于其食性广、生长快、生命周期相对较短、增殖速度快及后代多等特质, 已成功入侵澳大利亚和南极洲以外的地方 (Gherardi, 2006)。克氏原螯虾相比于土著螯虾, 捕食效率更高, 会严重破坏两栖动物的卵和鱼虾的幼苗, 对当地的生态系统造成严重的威胁 (Renai & Gherardi, 2004)。克氏原螯虾的捕食者主要为哺乳动物、鸟类和一部分鱼, 如水貂 *Neovison vison* Schreber、苍鹭 *Ardea cinerea* L.、河鲈 *Perca fluviatilis* L.、欧洲鳗鲡 *Anguilla anguilla* L. 等 (Blake & Hart, 1995; Geiger *et al.*, 2005)。

在种间关系中, 捕食是一种常见的自然现象,

对生态系统和生物多样性的稳定有着非常重要的作用, 也是利用天敌进行生物防治的生物学基础。江舒等 (2007) 提出, 利用土著天敌捕食克氏原螯虾, 可以弥补化学防治的缺陷, 不会对当地的生态系统造成危害。中华鳖 *Trionyx sinensis* Wiegmann 又称甲鱼, 是我国普遍分布的具有重要价值的土著水生动物, 主要以螺类、虾蟹、鱼类以及动物尸体等动物性饵料为食 (杨振才等, 1999)。笔者在初步养殖试验中发现甲鱼会捕食螯虾, 但螯虾对甲鱼的反应尚不明确。因此, 本试验以甲鱼的气味作为捕食者信号源, 研究螯虾对甲鱼的回避行为, 以期对克氏原螯虾的生物防治提供参考。

收稿日期 (Received): 2013-06-08 接受日期 (Accepted): 2013-07-31

基金项目: 国家自然科学基金项目 (NSFCJ1103512); 国家科技基础性工作专项 (2006FY111000)

作者简介: 王陈路, 女, 硕士研究生。研究方向: 动物学。E-mail: dlctwel@163.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: huangcheng2008@sina.com

1 材料与方法

1.1 材料

试验时间为 2012 年 4~6 月和 2013 年 5 月,试验动物均来自江苏省盱眙县满江红龙虾养殖基地。幼虾体长为 2~3 mm,可以离开母体自由活动,但仍常回到母体腹部。亚成体螯虾附肢健全,活力正常,接近性成熟从未交配,体质量(9.58 ± 3.68) g;每只亚成体螯虾用直径约 18 cm 网笼单养驯化一星期,使其适应室内环境;第 1 天不喂食,第 2 天开始用幼蟹混合饲料喂养。按照目前的分类,幼虾属于虾苗发育阶段,而亚成体螯虾属于成虾阶段(王克行,1997)。甲鱼每只体质量(213.38 ± 6.83) g,室内适应驯养一星期。

试验所用水迷宫示意图见图 1。将甲鱼置入直径约 35 cm 的网笼,与亚成体螯虾隔离混养 2 d 即得有经验的亚成体螯虾,混养水箱设置见图 2。

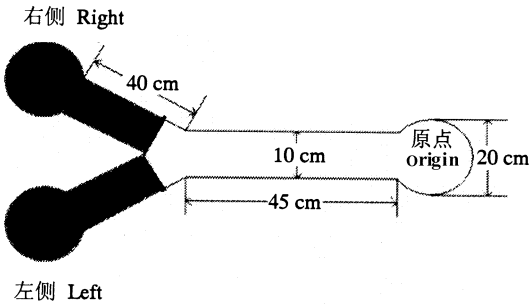


图 1 水迷宫示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the "Y"-maze

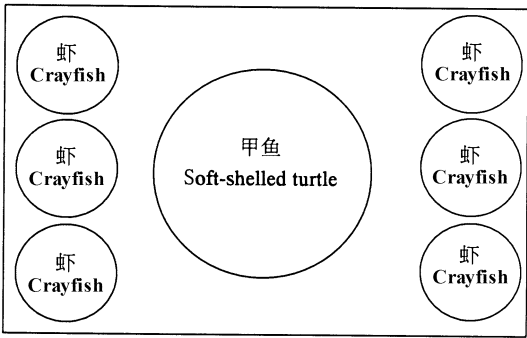


图 2 甲鱼螯虾混养示意图

Fig. 2 Schematic diagram of mixed culture of crayfishes and the soft-shelled turtle

1.2 幼虾对甲鱼的趋避性试验

以 60 只幼虾为 1 组。“Y”形水迷宫两臂入口及原点出口处均用网隔隔开,试验时向迷宫内注入 6~7 cm 水,漫过甲鱼,两臂圆槽的一侧放置 1 只甲

鱼,用网罩罩住圆槽以防止试验过程中甲鱼逃跑,另一侧为空白。在室内全遮光环境中,将 1 组幼虾放入原点,静置 5 min 后取出网隔开始计时,30 min 后结束试验,用自制网隔(使用尼龙绳网包裹铁丝网,确保幼虾无法透过)插在水迷宫两臂口(图 1 所示黑白交界处),计数左右两臂(即图 1 所示黑色区域)的虾,总和即为外出的虾。捞出幼虾,清理水迷宫,用吹风机将水迷宫吹干,以消除试验及换水过程中气味扩散的影响,然后进行下一组试验。每天 9 组试验,连续进行 4 d 得到 36 组数据,第 1 天的 9 组为无经验组,后面的 27 组为有经验组。以水迷宫左右两端均空白作为对照组,重复 10 次。

1.3 亚成体虾对甲鱼的趋避性试验

以单只螯虾为 1 组,每个处理设 30 组重复,设无经验组和有经验组。在室内全遮光环境中,使用 USB DVR BOX(USB2.0)红外视频拍摄,摄像头为 OS-20GB。试验时向“Y”形迷宫内注入 6~7 cm 水,漫过甲鱼,两臂圆槽内一侧放置 1 只甲鱼,用双层铁丝网隔开,用网罩罩住圆槽以防止甲鱼逃跑,另一侧为空白。将螯虾放入原点,静置 5 min 后取出铁丝网隔开始拍摄,拍摄时间为 15 min。完成后换水,清理水迷宫,将水迷宫用开水烫洗一遍,以消除气味扩散的影响,然后进行下一组试验。以水迷宫左右两端均空白作为对照组,记录 5 min 内留在原点和选择外出(即左右两臂)的螯虾数量。

1.4 数据处理

根据 1.3 拍摄的视频,统计螯虾的首次选择(选择甲鱼还是空白)、累计次数(选择甲鱼或空白多少次)及时长(选择甲鱼或空白的时间)。用 SPSS 18.0 和 EXECL 软件对试验数据进行统计分析。对螯虾亚成体的外倾性、首次选择、累计次数用二项分布进行检验;对无经验螯虾外倾性和对照组做百分数差数检验;对幼虾选择甲鱼和空白的只数以及亚成体虾选择甲鱼时间和空白时间做 *t*-检验。

2 结果与分析

2.1 幼虾的趋避性

由表 1 得:水迷宫左右两端均为空白时,外出选择的幼虾数量显著高于未选,外倾性很强;当一端有甲鱼信息源时,无经验和有经验的幼虾外出选择的数量都显著低于未选,变为极显著的内倾性;且信息源试验中外出选择的幼虾数量极显著低于

空白对照($P=0.003<0.01$)。

由表2得:水迷宫左右两端均为空白时,螯虾对左右的选择差异不显著;当一端有甲鱼信息源时,幼虾无论是否有经验,选择甲鱼的数量均显著低于选择空白的数量;且总体上选择甲鱼的幼虾数量也极显著低于选空白的数量。

表1 幼虾外倾性结果的比较

Table 1 T-test of the average number of juvenile *P. clarkii* in the origin side or out of the side

处理 Treatment	取向性 Choice	N	平均数量(只) Number of juvenile crayfish	$P_{\text{未选—选择}}$ $P_{\text{in-out}}$
对照 Control	未选 Origin side	10	26.80 ± 6.75	0.048
	外出 Out of the origin side	10	33.20 ± 6.75	
无经验 Inexperienced	未选 Origin side	9	37.00 ± 9.45	0.006
	外出 Out of the origin side	9	23.00 ± 9.45	
有经验 Experienced	未选 Origin side	27	34.96 ± 7.58	0.000
	外出 Out of the origin side	27	27.04 ± 7.58	
信息源全部群体 All	未选 Origin side	36	35.50 ± 7.99	0.000
	外出 Out of the origin side	36	24.50 ± 7.99	

表2 幼虾对甲鱼选择结果的比较

Table 2 T-test of the average number of juvenile *P. clarkii*'s choice to the turtle or the blank, the same area where there is no turtle

处理 Treatment	取向性 Choice	N	平均数量(只) Number of juvenile crayfish	$P_{\text{左—右}}/P_{\text{甲鱼—空白}}$ $P_{\text{left-right}}/P_{\text{turtle-blank}}$
对照 Control	左 Left	10	15.00 ± 3.89	0.119
	右 Right	10	18.70 ± 4.78	
无经验 Inexperienced	甲鱼 Turtle	9	8.33 ± 4.90	0.017
	空白 Blank	9	14.70 ± 5.20	
有经验 Experienced	甲鱼 Turtle	27	10.40 ± 3.84	0.005
	空白 Blank	27	14.60 ± 6.33	
信息源全部群体 All	甲鱼 Turtle	36	9.89 ± 4.15	0.000
	空白 Blank	36	14.60 ± 5.99	

2.2 亚成体虾的趋避性

由表3得:空白对照中,螯虾外出数量极显著高于未选,即外倾性极强,已做出选择的螯虾无左右偏向性($P=0.711>0.05$)。有甲鱼信息源的试验中,无经验组螯虾外出数量与未选差异不显著,有经验组螯虾外出数量显著高于未选,即仍具有极强的外倾性。经过百分数差数检验,无经验组的

倾性极显著低于空白对照($P=0.001<0.01$),而有经验组与空白对照差异不显著($P>0.05$)。

空白和甲鱼之间的首选及累计选择次数差异均不显著(表3)。此外,无经验组对非甲鱼(空白+未选)的选择显著大于甲鱼,有经验组则差异不显著。

表3 亚成体虾首选组数及累计次数的统计

Table 3 First choice and frequency of the subadults

处理 Treatment	取向性 Choice	首选组数 First choice	累计次数 Frequency	$P_{\text{未选—选择}}$ $P_{\text{in-out}}$	$P_{\text{甲鱼—非甲}}$ $P_{\text{turtle-(blank+origin side)}}$
对照 Control	左 Left	16	—	0.000	—
	右 Right	13	—		
	未选 Origin side	1	—		
无经验组 Inexperienced	空白 Blank	11	42	0.099	0.043
	甲鱼 Turtle	9	38		
	未选 Origin side	10	—		
有经验组 Experienced	空白 Blank	12	51	0.000	0.687
	甲鱼 Turtle	14	57		
	未选 Origin side	4	—		

由图 3 可得:有经验组和无经验组在空白、甲鱼及外出时长的比较上,有经验组均大于无经验组,但差异不显著; t -检验结果表明,有经验组和无经验组对空白、甲鱼选择的累计时间差异均不显著。

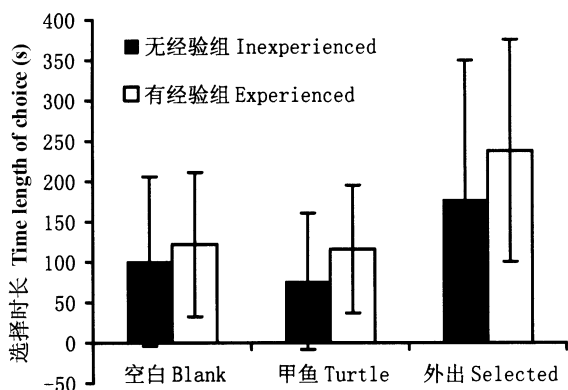


图 3 亚成体虾对甲鱼、空白的选择时长及外出时间的比较

Fig. 3 The time length of crayfish's choice to turtle, blank and all

3 讨论

3.1 化学信号在克氏原螯虾反捕食行为中的作用

螯虾识别捕食者的方法有很多,如视觉、化学感受、机械碰触等(Blake & Hart,1995)。陈楠生和孙海宝(1992)研究发现,甲壳动物主要靠体表的化学感受器感知周围环境情况,从而做出捕食、躲避敌害、觅偶交配等行为;Gherardi *et al.* (2011)也证明,克氏原螯虾可以通过化学通讯感受到水环境中捕食者的化学信号及其他引起螯虾反捕食行为的信号。本次试验在暗室中进行,采用红外装置拍摄,可以排除视觉信号的可能性,认为螯虾主要靠化学感受器识别捕食者;但不能排除甲鱼发出能被螯虾感知的非光学物理信号(如震动、电场等)的可能性,这有待进一步探究。

3.2 克氏原螯虾幼体和亚成体对捕食者趋避性的比较

Acquistapace *et al.* (2003)的试验证明,克氏原螯虾可以通过气味识别捕食者,面对捕食者时会降低取食行为和自身的活动性,降低自身对捕食者的暴露机会。本试验中,当水迷宫一端有甲鱼时,幼虾由显著外倾变为极显著内倾,亚成体外倾性也显著下降;同时,选择空白的幼虾或亚成体虾数量显著高于选择甲鱼的数量。这说明 2 个发育阶段的螯虾对甲鱼均有回避性。

Gherardi *et al.* (2011)以 4 种鱼作为克氏原螯

虾成体的捕食者进行研究,认为螯虾可以选择性地躲避捕食能力强的物种,而对在野外长期共存的物种不表现出回避行为。本试验中,有经验组亚成体虾具有极强的外倾性,且不回避甲鱼。这可能是因为亚成体与甲鱼隔养 2 d 中一直未受伤害,且亚成体螯虾外壳坚硬,面对甲鱼有一定的抵抗能力,这使得螯虾通过习惯化学习(尚玉昌,2005),产生特异刺激性疲劳,避免了无谓的能量消耗,表现出对共存过的甲鱼的适应性。而有经验的幼虾具有极强的内倾性及对甲鱼的回避性。这是由于幼虾面对捕食者时没有任何的抵抗力,表现出比亚成体虾更加敏感的识别及回避的能力;此外,还与幼虾和甲鱼接触时间短暂有关。

参考文献

- 陈楠生, 孙海宝. 1992. 甲壳动物化学感觉研究进展. 海洋与湖沼, 23(3): 334–342.
- 江舒, 庞璐, 黄成. 2007. 外来种克氏原螯虾的危害及其防治. 生物学通报, 42(5): 15–16.
- 尚玉昌. 2005. 动物的习惯化学习行为. 生物学通报, 40(10): 9–11.
- 杨振才, 牛翠娟, 孙儒泳. 1999. 中华鳖生物学研究进展. 动物学杂志, 34(6): 41–44.
- Acquistapace P, Hazlett B A and Gherardi F. 2003. Unsuccessful predation and learning of predator cues by crayfish. *Journal of Crustacean Biology*, 23: 364–370.
- Blake M A and Hart P J B. 1995. The vulnerability of juvenile signal crayfish to perch and eel predation. *Freshwater Biology*, 33: 233–244.
- Geiger W, Alcorlo P, Baltanas A and Montes C. 2005. Impact of an introduced *Crustacean* on the trophic webs of Mediterranean wetlands. *Biological Invasions*, 7: 49–73.
- Gherardi F. 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39: 3, 175–191.
- Gherardi F, Mavuti K M, Tricarico E and Harper D M. 2011. The smell of danger: chemical recognition of fish predators by the invasive crayfish *Procambarus clarkii*. *Freshwater Biology*, 56: 1567–1578.
- Renai B and Gherardi F. 2004. Predatory efficiency of crayfish: comparison between indigenous and non-indigenous species. *Journal of Crustacean Biology*, 18: 120–127.

(责任编辑:杨郁霞)

