

# 繁殖前期中国大鲵雄性成体的冲凉行为及其意义

徐文刚<sup>①</sup> 王中乾<sup>②</sup> 梁刚<sup>①\*</sup>

① 陕西师范大学生命科学学院 西安 710062; ② 陕西省水产研究所 西安 710086

**摘要:** 为揭示和探讨中国大鲵(*Andrias davidianus*)繁殖前期的冲凉行为及其意义,在仿生态养殖环境条件下,采用定时定点观察法和全事件记录法,对雄性成鲵的冲凉行为过程及姿势进行了观察记录,并分析了冲凉行为与年龄、求偶行为、繁殖成功率之间的关系。繁殖前期雄性成鲵表现出冲凉行为,冲凉行为与求偶行为之间存在极显著的正相关,表现出求偶行为的6尾雄性成鲵有4尾成功参与了繁殖。冲凉行为可能促进了雄性成鲵精巢的发育,引发求偶行为,最终达到成功繁殖。

**关键词:** 中国大鲵;繁殖前期;冲凉行为

中图分类号:Q958.1 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2013)04-529-05

## The Washing Behavior and Its Significance for Male Adult *Andrias davidianus* in the Pre-reproductive Period

XU Wen-Gang<sup>①</sup> WANG Zhong-Qian<sup>②</sup> LIANG Gang<sup>①\*</sup>

① College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062;

② Shaanxi Fisheries Institute, Xi'an 710086, China

**Abstract:** We observed washing behavior and courtship behavior of male adults of Chinese Giant Salamander *Andrias davidianus* in the imitated natural eco-breeding environment using all occurrence recording method at fixed time and fixed location and examined the significance of washing behavior for them by analyzing the relationship between the age, courtship behavior and breeding success. The washing behavior could be divided into four stages: washing exploration, gesture adjustment, washing and walk away with seven washing posture, head washing, tail washing, trunk washing, movement washing, surround washing, adherence washing and rising-head washing. Only males over 8 years showed washing behavior and courtship behavior after washing, and an extreme positive correlation between washing and courtship behaviors were detected. Two out of three male adults exhibited courtship behavior to participate in the breeding successfully. The washing behaviors maybe enhance gonadal development and maintain breeding successfully via courtship behavior.

**Key words:** *Andrias davidianus*; Pre-reproductive period; Washing behavior

中国大鲵(*Andrias davidianus*)简称大鲵,是我国特有的大型有尾两栖类,国家Ⅱ级重点保护野生动物(费梁等 2006)。为有效保护这一珍稀物种,我国多地开始进行仿生态繁育并取得了成功,得到了包括 IUCN 在内的动物保护组织的肯定(梁刚 2007,张蕾等 2010)。仿生态繁育为大鲵的生活与繁殖提供了接近原始自然生态环境的基本条件,也为开展大鲵行为

尤其是繁殖行为研究提供了理想场所(梁刚等 2010)。

**基金项目** 陕西省自然科学基金项目(No. 2007C114), 2012 年度陕西省水利科技计划项目(No. 2012-2-21);

\* 通讯作者, E-mail: lianggang@snnu.edu.cn;

**第一作者介绍** 徐文刚,男,硕士研究生;研究方向:水生生物学; E-mail: xuwendang. 2008@163.com。

收稿日期:2013-01-27,修回日期:2013-03-21

目前,有关大鲵行为方面的研究积累资料较少(乔志刚 2005,陈云祥等 2006,张红星等 2006,梁刚等 2010,林衍峰 2011)。已有的研究实践表明,在池养条件下,只有对繁殖前期的雄性成鲵进行大水流刺激并注射催产激素后,才能繁殖成功(刘鉴毅等 1999,金立成 2003,乔志刚 2005,林衍峰 2011);而在仿生态繁育条件下,大鲵能够自然配对并成功繁殖(梁刚等 2010,林衍峰 2011)。为了研究仿生态繁育条件下大鲵能够自然繁殖的主要原因,本文通过定时定点观察法和全事件记录法(all occurrence recording method)(Altmann 1974),对该条件下雄性成鲵冲凉行为(washing behavior)的过程及其姿势进行了较为详尽的分类描述,在此基础上探寻了雄性成鲵的冲凉行为与其年龄、求偶行为、繁殖成功率之间的关系,旨在探讨大鲵冲凉行为及其在繁殖中的意义。

## 1 材料与方法

**1.1 研究地点** 研究地点位于海拔(1 160 ± 10) m、面积为 50 m × 10 m、南北走向的陕西省勉县张家河镇金洞村某大鲵仿生态繁育场(33°25'56" N、106°35'27" E)。张家河镇是野生大鲵在秦岭山脉的主要栖息地之一,位于秦岭山脉南坡,处于暖温带向凉亚热带的过渡地带,面积 323 km<sup>2</sup>,森林覆盖率 80% 以上,海拔 900 ~ 2 300 m,年平均气温 14.3℃,年平均日照 1 610.6 h,年降水量 800 ~ 1 200 mm。大鲵仿生态繁育是指在大鲵原产地选择一块台地或缓坡地,模仿大鲵所栖息的自然河道,首先建造人工溪流、在溪流两侧再建造洞穴,然后在洞穴上方覆盖土壤并种植草本植物,以营造大鲵的适宜生活环境条件而进行的人工繁育技术(梁刚 2007)。

**1.2 研究方法** 大鲵在秦岭山脉南坡的产卵时间一般为每年 8 月中下旬至 9 月初。以大鲵产卵时间为界,将大鲵的繁殖期划分为繁殖前期与繁殖后期。2011 年和 2012 年的 7 ~ 8 月,在繁殖前期对 25 尾大鲵进行了观察,其中成体

(8 龄及其以上)16 尾(8 ♂、8 ♀)、亚成体(4 ~ 7 龄)9 尾。采用焦点动物取样法进行了 10 d 的预观察,同时依据大鲵的养殖档案、体态特征(斑点、伤疤、头形、泄殖腔等)和栖息洞穴进行了个体识别。采用定时定点观察法(每天 19:00 时至次日 5:00 时),顺次对 25 尾大鲵的冲凉和求偶行为进行观察,每尾观察 5 min,观察结束后间歇 10 min 再进入下一轮观察,同时采用全事件记录法对其冲凉行为发生次数及持续时间进行记录。研究期间持续 60 d,累计观察时间为 600 h。在观察记录的同时,使用 SONY 公司生产的 HDR-XR520 夜视摄像机进行了辅助记录。

**1.3 数据统计** 所有数据利用 SPSS 17.0 for Windows 软件进行统计分析,其中,不同种冲凉姿势持续时间用 GLM 进行 one-way ANOVA 分析,冲凉次数和求偶次数用回归分析。描述性统计值用平均值 ± 标准误(Mean ± SE)表示。

## 2 结果与分析

**2.1 冲凉行为** 指雄性成鲵爬到进水管口的落水点处,让落水冲刷自己身体的行为。共记录到雄性成鲵冲凉行为 285 次,未记录到雌性成鲵和亚成体的冲凉行为。图 1 给出了雄性成鲵在繁殖前期冲凉开始和结束的时间及冲凉频次。雄性成鲵一般每天 20:40 时开始冲凉,21:40 时至次日凌晨 1:20 时出现冲凉行为发生的高峰期,2:20 时后冲凉基本结束,在 22:40 时出现冲凉行为发生的峰值。

冲凉过程一般可划分为 4 个阶段。

冲凉试探:在人工溪流内活动的雄性成鲵爬向落水处,将头部、躯干或尾部试探着置于该处进行冲凉。试探动作一般有 2 ~ 3 次。该阶段持续时间为(0.65 ± 0.27) min( $n = 87$ ),范围为 0.17 ~ 1.60 min,占冲凉全过程总时长的 10.14%。

姿势调整:冲凉试探后,雄性成鲵调整头部、躯干、尾部或四肢的位置及姿势,最终摆成承接落水的特定姿势。该阶段持续时间为(0.50 ± 0.31) min( $n = 49$ ),范围为 0.08 ~

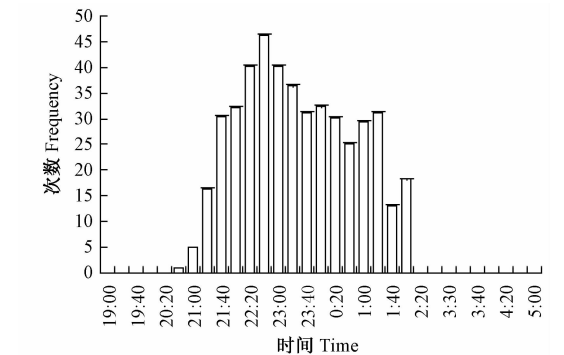


图 1 雄性成鲵的冲凉次数

Fig.1 Washing frequency of adult male *Andrias davidianus*

1.40 min,占冲凉全过程的 7.64%。  
冲凉:指雄性成鲵被落水持续冲刷头部、躯干或尾部的过程。该阶段持续时间为(4.95 ± 0.45) min( $n = 285$ ),范围为 3.14 ~ 7.20 min,占冲凉全过程的 77.14%。

离开:冲凉后的雄性成鲵完全离开落水处的过程。该阶段持续时间为(0.33 ± 0.26) min( $n = 38$ ),范围为 0 ~ 2.4 min,占冲凉全过程的 5.08%。

**2.2 冲凉姿势** 从以上冲凉过程的时间分配可知,冲凉是冲凉行为的主要阶段。依据冲凉时雄性成鲵的姿势及被冲部位不同,将其进一步划分并命名为 7 种冲凉姿势。7 种冲凉姿势的持续时间见表 1。

**头部冲凉(head washing):**成鲵四肢弯曲,躯干部紧贴水底,将头部完全置于落水处,让落水冲刷头部背面并缓慢左右摆动头部的冲凉姿势。

**躯干冲凉(trunk washing):**成鲵首先将躯干前部完全置于落水处,然后缓慢向前移动直至落水打在躯干后部的冲凉姿势。

**尾部冲凉(tail washing):**成鲵首先将尾基部置于落水处,然后开始缓慢向前移动直至落水打在尾后部的冲凉姿势。

**移动冲凉(movement washing):**成鲵先将头部置于落水处,再开始缓慢向前爬行,使落水依次打在头部、躯干和尾部的冲凉姿势。

表 1 雄性成鲵 7 种冲凉姿势的持续时间  
Table 1 The duration of each washing postures of adult male *Andrias davidianus*

冲凉姿势 Washing postures	次数 Frequency	持续时间 Duration (min)	
		平均 Mean ± SE	范围 Range
头部冲凉 Head washing	46	4.33 ± 0.56 <sup>a</sup>	2.13 ~ 8.48
躯干冲凉 Trunk washing	56	4.75 ± 0.70 <sup>a</sup>	2.01 ~ 7.15
尾部冲凉 Tail washing	39	3.43 ± 0.87 <sup>a</sup>	1.87 ~ 8.03
移动冲凉 Movement washing	50	4.40 ± 0.62 <sup>a</sup>	1.64 ~ 6.89
环抱冲凉 Surround washing	37	5.62 ± 0.43 <sup>a</sup>	3.11 ~ 6.55
贴壁冲凉 Adherence washing	27	4.92 ± 0.51 <sup>a</sup>	1.82 ~ 8.89
抬头冲凉 Rising-head washing	30	7.20 ± 0.26 <sup>b</sup>	3.51 ~ 8.49

上标字母不同的表示差异显著( $P < 0.05$ ),上标字母相同的表示差异不显著。

Different superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), same superscript means no difference.

**环抱冲凉(surround washing):**成鲵将头、躯干与尾部弯曲成弧形,环绕在落水点周围的冲凉姿势。

**贴壁冲凉(adherence washing):**成鲵前肢扒在落水点旁的石壁上,后肢和尾部支撑于水底,让落水直接打在躯干背面前部的冲凉姿势。

**抬头冲凉(rising-head washing):**成鲵前肢直撑,后肢弯曲,尾部支撑于水底,将头部抬离水面并置于落水处,让落水直接落在吻部背面甚至口腔内的冲凉姿势。

**2.3 冲凉行为与年龄的关系** 在记录到的冲凉行为中,8 ~ 10 龄的大鲵( $n = 3$ )累计冲凉 33 次,占冲凉总次数的 11.30%;11 ~ 13 龄个体( $n = 2$ )累计冲凉 77 次,占 27.02%;14 ~ 16 龄个体( $n = 3$ )累计冲凉 175 次,占 61.4%。以上结果表明,雄性成鲵冲凉次数随年龄的增大而明显增加(图 2)。此外,雄性成鲵冲凉行为的平均持续时间,在不同个体之间差异不明显(图 3)。

**2.4 冲凉行为与求偶的关系** 雄性成鲵冲凉

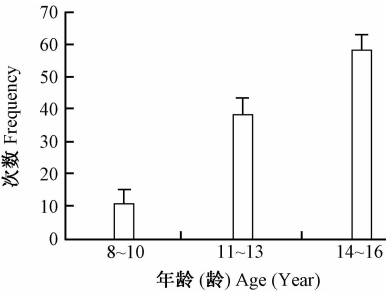


图 2 不同年龄段雄性成鲵的冲凉次数

Fig.2 Washing frequency between different age group of adult male *Andrias davidianus*

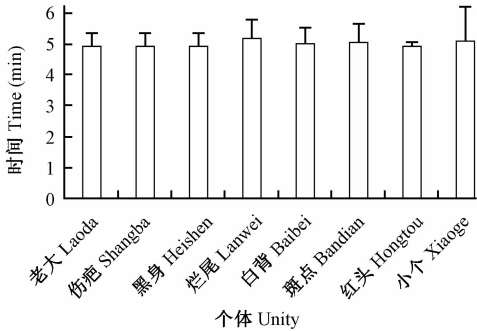


图 3 雄性成鲵冲凉持续时间

Fig.3 Washing duration of each adult male *Andrias davidianus*

结束后,除了少数个体直接返回自己的洞穴外,其他雄性成鲵通常会停留在人工溪流内继续活动。当附近有雌性成鲵时,雄性成鲵会表现出靠近 (move forward)、亲吻 (kiss)、爬跨 (creep on female back)、尾阴探究 (anogenital sniffing)、追随 (follow)或邀请 (invite)等求偶行为。如果人工溪流内没有雌性成鲵停留时,该雄性成鲵会沿小溪流一侧的洞穴口逐个进行巡视 (inspection),且将头部甚至躯干前部爬进大多数洞穴内,然后退出。

研究期间共记录到 8 尾雄性成鲵冲凉行为 285 次、求偶行为 47 次,4 尾参与繁殖(表 2)。雄性成鲵的冲凉行为与求偶行为之间存在极显著的正相关( $r=0.989, P<0.01, n=8$ ,图 4)。同时表现出冲凉行为和求偶行为的 6 尾雄性成鲵中,有 4 尾成功参与了繁殖,占表现出求偶行为大鲵数量的 66.7%。

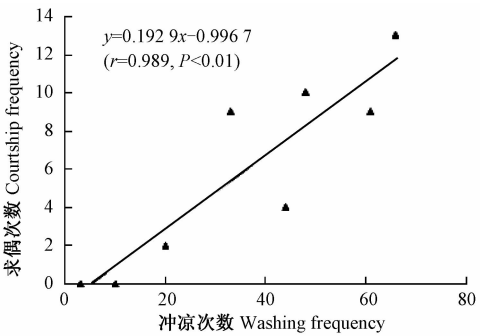


图 4 雄性成鲵冲凉与求偶次数的关系

Fig.4 Relationship between washing and courtship frequency of male adult *Andrias davidianus*

表 2 雄性成鲵冲凉、求偶和参与繁殖情况

Table 2 Washing, courtship and breeding of male adult *Andrias davidianus*

个体名称 Name	年龄(龄) Age (Year)	冲凉(次) Washing (n)	求偶(次) Courtship (n)	繁殖 Breeding
小个 Xiaoge	8	3	0	-
红头 Hongtou	9	10	0	-
斑点 Bandian	10	20	2	-
白背 Baibei	11	33	9	+
烂尾 Lanwei	12	44	4	-
黑身 Heishen	14	48	10	+
伤疤 Shangba	14	61	9	+
老大 Laoda	16	66	13	+

+ 成功, - 未成功。+ Success, - Not success.

3 讨论

大鲵的养殖技术划分为全人工繁育 (captive breeding)、原生态繁育 (natural eco-breeding) 和仿生态繁育 (imitated natural eco-breeding) 3 种(梁刚 2007)。全人工繁育(池养)条件下制约大鲵成功繁殖的主要因素为雄鲵性腺不发育或发育差,以及雌、雄亲鲵性腺发育不同步(金立成 2003)。为了解决以上问题,池养条件下必须每天用大水流冲水 2 次,每次 30 min 以上,在繁殖时还必需注射催产激素并进行人工授精,方能繁殖成功(金立成 2003,罗庆华等 2005,林衍峰 2011)。而仿生态繁育技术创造并优化了大鲵生长发育的环境条件,繁殖前期的雄性成鲵一般在前半夜会表现出冲凉

行为。冲凉的雄性成鲵不需要人工催产,就能自然繁殖(梁刚等 2007,2010)。

有尾两栖类的雌、雄个体之间在繁殖前常会表现出形式多样的求偶行为,在求偶过程中两性之间会有身体接触,雄性会将皮肤腺产生的信息素传递给雌性,以诱导雌性性腺发育,激发性欲望,实现生殖同步(Verrell 1989a, b)。本文结果表明,繁殖前期的 8 尾雄性成鲵全部都表现出冲凉行为,其中 6 尾在冲凉行为结束后还表现出了求偶行为,且冲凉行为与求偶行为之间存在极显著的正相关。同时表现出冲凉行为和求偶行为的 6 尾雄性成鲵中,有 4 尾雄性成鲵成功参与了繁殖,占表现出求偶行为大鲵数量的 2/3。本文认为仿生态繁育环境为繁殖前期的雄性成鲵提供了适宜的生态条件,通过冲凉行为可能促进了精巢发育,进而通过求偶行为使得雌、雄亲鲵相互刺激,最终达到成功繁殖的目的。

**致谢** 陕西省勉县张家河镇陈西全同志在野外工作中给予支持,陕西师范大学王孝安、王宏元老师在本文整理时给予帮助,在此一并深表感谢。

## 参 考 文 献

Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling

methods. *Behaviour*, 49(3/4): 227–267.

Verrell P A. 1989a. Male mate choice for fecund females in a plethodontid salamander. *Animal Behaviour*, 38(6): 1086–1088.

Verrell P A. 1989b. The sexual strategies of natural populations of newts and salamanders. *Herpetologica*, 45(3): 265–282.

陈云祥,王伟军,白洪清,等. 2006. 饲养条件下大鲵的活动节律初步研究. *水产养殖*, 27(6): 40–41.

费梁,胡淑琴,叶昌媛,等. 2006. 中国动物志:两栖纲 上卷 总论 蚓螈目 有尾目. 北京:科学出版社, 242–254.

金立成. 2003. 大鲵规模化繁殖新技术. *科技致富向导*, (4): 27–28.

梁刚. 2007. 陕西省大鲵的繁育模式及初步评价. *经济动物学报*, 11(4): 234–237.

梁刚,吴峰. 2010. 中国大鲵的活动节律及繁殖行为描记. *动物学杂志*, 45(1): 77–82.

林衍峰. 2011. 大鲵人工繁殖的关键因素. *畜牧与饲料科学*, 32(5): 70–71.

刘鉴毅,肖汉兵,杨焱清. 1999. 中国大鲵养殖繁育技术的探讨. *经济动物学报*, 3(3): 38–42.

罗庆华,卢成英,刘清波. 2005. 中国大鲵繁殖生物学研究进展. *四川动物*, 24(3): 417–420.

乔志刚. 2005. 中国大鲵繁殖生物学及人工繁殖技术研究进展. *动物学报*, 51(增刊 1): 78–84.

张红星,王开锋,权清转,等. 2006. 中国大鲵的繁殖生态暨行为学观察研究. *陕西师范大学学报:自然科学版*, 34(增刊 1): 70–75.

张蕾,梁刚. 2010. 中国大鲵保护与繁育国际研讨会在西安胜利召开. *动物学杂志*, 45(4): 109.