

文章编号: 1004 - 7271(2002)03 - 0253 - 06

水温变化对黑龙江野鲤繁殖的影响

尹家胜¹, 邱岭泉¹, 徐伟¹, 崔喜顺², 周长海²

(1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070;
2. 黑龙江省抚远县水产局, 黑龙江 抚远 156500)

摘要 抚远江段的黑龙江野鲤产卵时间为 5 月下旬水温上升到 16~17℃ 后的 2~3d, 水温迅速上升是产卵的刺激信号。在低温(11~15℃)环境中进行人工催产, 保持水温稳定或上升, 催产率与 18~20℃ 水温时相近。在 16~20℃ 环境中进行人工催产, 水温下降超过 3℃, 催产率接近 0。捕获的亲鱼分别在 10~11℃、14~15℃、17~18℃ 水温环境中雌雄分离蓄养 7~30d 后进行人工催产, 蓄养时间越长, 温度越高, 雌鱼的催产率越低, 雄鱼则无明显影响。黑龙江野鲤囊胚原肠期胚胎在 10℃、孵出期胚胎在 14℃ 时发育停滞。神经胚期胚胎在 12℃ 时死亡率超过 60%, 仔鱼期幼鱼在 9℃ 死亡率达 80%。

关键词 黑龙江野鲤 水温变化 繁殖

中图分类号 S965.1 文献标识码: A

Effect of water temperature variation on reproduction of *Cyprinus carpio haematopterus*

YIN Jia-sheng¹, QIU Ling-quan¹, XU Wei¹, CUI Xi-shun², ZHOU Chang-hai²

(1. Heilongjiang River Fishery Research Institute, CAFS, Harbin 150070, China;
2. Fishery Bureau of Fuyuan County, Fuyuan 156500, China)

Abstract The spawning time of Carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) at Fuyuan section of Amur river is in May (From 1998 to 2001) and the spawning time in the first time is 2-3 days after the water temperature has risen to 16-17℃. The fast increasing water temperature is a signal to stimulate the carp to spawn. When induced ovulation is conducted under low temperature(11-15℃) environment, if water temperature is kept stable or increasing, the rate of induced ovulation is near to that when the temperature is 18-20℃. When induced ovulation is conducted under normal temperature(16-20℃) environment, if water temperature is decreased by more than 3℃, the rate of induced ovulation is 0-20%. The female fish are fed separately with the male fish under the conditions with water temperature 10-11℃, 14-15℃ and 17-18℃, after 7-30 days, and the rate of induced ovulation is affected by the water temperature and feeding time. The higher the temperature, the longer the feeding time, the lower the rate of induced ovulation becomes. The embryo in Blastula-Gastrula stage of Carp stops growing when the water temperature is 10℃; the embryo in Hatching stage stops growing when the water temperature is 14℃. When the water temperature is 12℃, the mortality of embryo in Neural Plate stage is over 60%. The mortality of Yolk Fry stage reaches 80%, when the water temperature is 9℃.

Key words *Cyprinus carpio haematopterus*; water temperature variation; reproduction

水温环境是影响鱼类产卵繁殖的重要因素,许多鱼类的繁殖必需在一定温度阈值之上(或之下)产卵活动才能发生^[1,2],但黑龙江流域许多鱼类为适应繁殖期多变的水温环境,产卵温度阈值已经不是限制性的环境因子,而栖息水域的温度变化成为产卵活动发生的主导因子^[3-5]。黑龙江野鲤(*Cyprinus carpio haematopterus*)是上第三纪保存下来的鱼类^[6],在长期的进化过程中对黑龙江水域多变的水温环境已经适应,它的繁殖行为和该流域水温的变化规律相适应,形成了特殊的繁殖习性。以黑龙江野鲤为实验动物,通过研究水温变化对其产卵活动和胚胎发育的影响,揭示黑龙江流域鱼类产卵繁殖规律,为提高该地区土著鱼类的人工繁殖效率提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验鱼来源

试验的黑龙江野鲤采自黑龙江抚远江段,沿江数百里没有人工养殖水域,属于没有被杂交品种污染的野生群体。

1.2 产卵时间和水温调查

产卵水温和产卵时间调查于1999-2001年的5~6月在距离黑龙江干流2~3km的黑龙江省抚远县浓江河口处进行,这里是黑龙江野鲤的产卵场,河口沿岸生长大量水草,渔业禁捕水域。调查期间每天测量水温,观察产卵场是否有鱼群聚集形成产卵汛场,并检查水草上是否附着受精卵,将首次发现受精卵的时间记录为第一批鱼产卵的时间。

1.3 人工催产

试验鱼2001年5月18-20日从黑龙江捕获,在抚远县特种鱼类繁殖场11~13℃水温中投喂活饵水丝蚓蓄养。催产池直径2.5m,池底铺棕桐片诱导产卵。水源为7~8℃的井水,2~5kw的控温电热管调温,气泵充氧保持水中溶解氧为6~8mg/L。催产药物为LHRH-A+Dom。受精卵脱粘后放入12.5L有机玻璃锥形桶中流水孵化。

不同温度下的催产试验 催产的温度为11~20℃,以1~2℃为梯度,测定注射激素后水温变化对催产的影响。每个梯度试验三次,每次10组(♀:10,♂:10)。记录催产的效应时间(从注射催产剂到开始流卵的时间,不流卵为∞),产卵率(产卵的雌鱼数/催产的雌鱼数)。各个温度下产出的卵均在18~20℃水温受精、孵化。计算受精率、孵化率。

不同温度蓄养后的催产试验 选择无伤、发育良好的亲鱼分别在10~11℃,14~15℃,17~18℃水温中雌雄分离蓄养7~30d后,在19~20℃水温中进行人工催产,研究不同温度蓄养后对人工催产率的影响,试验方法同上。

1.4 低温下各个时期胚胎和仔鱼的发育时间和成活率测定

将胚胎发育和幼鱼划分为a卵裂期、b囊胚原肠期、c神经胚期、d器官分化期、e孵出期、f仔鱼期、g稚鱼期^[3,7]7个时期进行观察。在9~15℃水温范围内,以1℃为梯度,测定不同时期胚胎在各个温度梯度下的发育时间和成活率。每一梯度试验样本为4×1000粒/组。在Olympus体视镜下观察胚胎发育,各个时期胚胎发育时间的计算,以样本中30%的胚胎发育超过该时期为标准。若某一温度梯度下样本的胚胎发育时间超过在18~20℃时的5倍,时间记录为∞。每一样本中30%的胚胎已发育超过这一时期或发育时间达到∞的标准,立即将样本的孵化水温恢复到18~20℃,统计胚胎的死亡数(胚胎死亡标准是胚体尾芽或卵黄变为不透明,胚胎发育畸形记录为死亡),计算成活率。

2 结果

2.1 黑龙江野鲤的产卵水温

调查中发现,黑龙江野鲤在浓江河口处开始产卵的水温为16~17℃,时间为5月下旬,产卵发生在

水温突然上升的次日傍晚或第三天清晨(图1)。在水温上升的当天就能发现鱼在河口西岸边水下0.75~1.5m聚集,随后雌雄鱼追逐、咬戏,形成产卵汛场。在产卵汛场形成16~24h后水草上发现受精卵。在浓江河口产卵场发现受精卵的当天或次日,在黑龙江的附近江段也能捕获流卵的雌鱼,表明产卵活动在其它产卵场同时进行。

2.2 黑龙江野鲤在不同水温下的催产率

黑龙江野鲤在抚远江段天然产卵的最低水温为16~17℃(图1)。在11~15℃水温中进行人工催产,注射激素后保持水温稳定,催产可获成功,若注射激素后提升水温,催产成功率可达60~70%,与18~20℃水温中的人工催产相近。在16~20℃水温中进行人工催产,若注射激素后水温下降超过3℃,催产成功率为3.3~10%(表1)。试验结果显示水温上升能促进黑龙江野鲤产卵,水温升幅越大,催产的效应时间越短,产卵率越高。而水温下降会阻碍产卵活动的进行,水温降幅越大,催产的效应时间越长,产卵率越低。

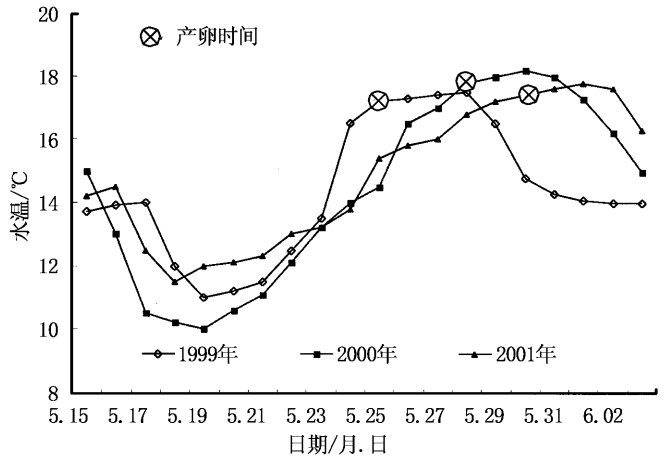


图1 黑龙江野鲤在抚远江段的产卵时间和水温

Fig.1 The date and water temperature of spawn of *Carp.* in Fuyuan river

表1 水温变化对人工催产的影响

Tab.1 Effect of water temperature variation on induced ovulation of *Carp.*

组别 No.	水温变化(°C)	效应时间(h)*	产卵率(%)
1	11 → 15	42 ~ 46	63.3
2	12 → 16	39 ~ 40	70.0
3	12 → 13	62 ~ 70	46.7
4	13 → 15	43 ~ 49	63.3
5	13 → 14	62 ~ 65	46.7
6	14 → 15	60 ~ 61	60.0
7	16 → 20	16 ~ 18	73.3
8	19 → 15	41 ~ ∞	3.3
9	20 → 16	37 ~ ∞	10.0
10	18 → 20	18 ~ 20	76.7
11	20 → 18	34 ~ 38	56.7

* 效应时间为注射激素到第一条鱼产卵的时间

温度变化对雄鱼排精无明显影响,排精率能达到90%以上。另外,不同温度下产出的卵人工受精率达到96%以上,无明显差异。各个组合的受精卵在18~20℃水温中孵化率在80%以上。

2.3 不同蓄养水温对黑龙江野鲤催产率的影响

成熟的黑龙江野鲤在10~11℃水温环境中蓄养7~30d后,雌鱼的催产率与没有蓄养的对照组相近。在14~15℃水温环境中蓄养15d后雌鱼催产率开始降低。而在17~18℃水温环境中蓄养7d后雌鱼的催产率就开始下降,蓄养30d的雌鱼催产率仅6.7%(表2),试验结果显示成熟的黑龙江野鲤产卵前若长时间蓄养,水温越高催产率越低。

蓄养水温高低和时间长短对雄鱼的排精率没有明显影响,排精率均在90%以上。但在17~18℃水温环境中蓄养30d后,雄鱼的精子质量下降,受精率很低。

表 2 不同蓄养时间和水温对产卵率的影响

Tab.2 Effect of different feeding time and temperature conditions on spawn ratio of *Carp*.

组别	蓄养温度(℃)	蓄养时间(d)	产卵率(%)
1	10~11	7	70.0
2	10~11	15	63.3
3	10~11	30	63.3
4	14~15	7	76.7
5	14~15	15	56.7
6	14~15	30	23.3
7	17~18	7	56.7
8	17~18	15	23.3
9	17~18	30	6.7
10	19~20	0	66.7

2.4 低温对不同时期胚胎和仔鱼的发育时间和成活率影响

低温环境中黑龙江野鲤胚胎发育的一个显著特征是不同时期胚胎随着水温的降低,发育时间延长的比例不同,发育积温并非都是常数。卵裂期和器官分化期胚胎在 9℃ 水温中的发育时间和 15℃ 水温时仅差 1.7 倍,发育积温接近常数。囊胚原肠期胚胎在低于 10℃ 的水温中胚胎发育几乎停滞。孵出期的仔鱼破膜水温必需超过 14℃ 才能完成,在低于 14℃ 的水温中,发育到孵出期的胚胎尽管发育良好,但发育时间超过一个星期也仅是零星的胚胎破膜出苗,而在 15℃ 以上水温中,98% 的胚胎在一天内都能破膜出苗(表 3)。

表 3 黑龙江野鲤不同时期胚胎在低温下的发育时间和成活率

Tab.3 Development time and survive ratio of *Carp* embryos in lower temperature.

温度(℃)	9	10	11	12	13	14	15	17	19	
样本数(粒)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	
卵裂期	A	5.83	5.08	4.67	4.25	4.00	3.75	3.50	3.08	2.75
	B	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C	52.47	50.08	51.37	51.00	52.00	52.50	52.50	52.36	52.25
囊胚原肠期	A	∞	96.00	42.50	28.50	11.92	10.83	10.08	8.83	7.92
	B	73.50	92.65	93.05	91.68	96.26	94.10	92.70	97.35	95.72
	C	∞	960.00	467.50	342.00	154.96	151.62	151.2	150.64	150.48
神经胚期	A	-	-	-	8.67	5.75	5.25	4.92	4.25	3.83
	B	0	0	0	34.26	91.58	95.26	92.82	98.05	97.14
	C	-	-	-	104.04	74.75	73.50	73.80	72.25	72.77
器官分化期	A	62.80	56.75	51.67	45.75	41.75	38.50	35.92	31.75	28.25
	B	81.25	82.60	91.85	93.20	96.54	95.30	96.14	98.20	96.10
	C	565.20	567.50	568.37	549.00	542.75	539.00	538.80	539.75	536.75
孵出期	A	∞	∞	∞	∞	∞	∞	21.33	18.17	16.50
	B	83.50	81.35	92.10	90.45	94.28	93.65	96.80	98.20	99.05
	C	∞	∞	∞	∞	∞	∞	319.95	308.89	313.50
仔鱼期	A	114.50	99.08	88.50	81.50	74.83	69.75	64.50	57.25	51.92
	B	19.26	46.15	80.65	91.35	86.26	96.02	93.54	92.08	94.60
	C	1030.5	990.80	973.50	978.00	972.79	976.50	967.50	973.25	986.48
稚鱼期	A	160.50	143.75	130.60	119.75	110.93	102.75	95.33	82.83	75.17
	B	98.00	98.72	96.15	98.30	99.25	97.58	98.42	98.60	98.52
	C	1444.5	1437.5	1436.6	1437.0	1441.7	1438.5	1429.9	1418.7	1428.3

注:A:胚胎发育时间(h),B:胚胎成活率(%),C:胚胎发育积温(度·时)。

黑龙江野鲤的卵裂期、器官分化期、囊胚原肠期、孵出期胚胎在 11℃ 水温时死亡率低于 10%,而神经胚期胚胎在 12℃ 水温中死亡率超过 60%。仔鱼期在 9℃ 水温中死亡率达 80%,而稚鱼期死亡率仅 3%(表 3),试验中将少量稚鱼放入 4℃ 水温中 7d 也没发现明显死亡。

3 讨论

3.1 升温是黑龙江野鲤产卵的信号因子

黑龙江野鲤在天然环境中随着水温的上升迅速产卵,以及进行人工繁殖时升温促进产卵,降温产卵受到抑制,表明水温上升是黑龙江野鲤产卵的刺激信号。在黑龙江流域春天产卵的鱼类中,水温上升时迅速产卵是普遍现象,如滩头雅罗鱼、施氏鲟、银鲫等^[4,5,7],这是它们对这时期水温环境变化频繁的进化适应。黑龙江流域从4月下旬到6月上旬,在西伯利亚寒流和太平洋暖流的相互作用下水温(气温)升升降降,变化频繁,每次高温期持续约一个星期左右,接下来是3~4天的低温期。只有到6月中旬,水温才能稳定在18℃以上。在这样水温环境条件下,像黑龙江野鲤等这时期产卵的鱼类,只有在升温初期迅速产卵,才能在降温时受精卵孵出并发育到能够耐低温的稚鱼,保证幼鱼不会因突然降温受到侵害死亡,种群能够获得最大的生存机会,繁衍后代。

鱼类能够按照生态环境中主导因子的变化调整它们的生理机能,精确选择繁殖时间,以保证幼鱼得到适宜的生存条件,这是鱼类通过死亡淘汰选择的结果。如四大家鱼繁殖期长江水位变化频繁,水位变化是它们种群繁衍的限制因子,它们在水位上涨时迅速排卵,所产的漂流性受精卵在快速流动的江水中分散开,能获得充足的溶解氧保证顺利孵出^[8];西藏的色林错裸鲤(*Cymnocypris selincuoensis*)和纳木错裸鲤(*Cymnocypris namensis*)由于幼鱼的饲料生物贫乏,而整个水域中仅有一种鱼生长,所以它们形成多个繁殖群体从4月到8月在不同的时间产卵繁殖,使得水域中的饲料生物得到最大限度的利用^[9,10];黑龙江野鲤繁殖期水温变化是种群生存的限制因子,升温迅速产卵保证了幼鱼的生存,同时使幼鱼当年能获得相对长的生长周期,因为黑龙江水域每年适宜这些鱼类生长的时间(水温15℃以上)仅3~4个月。

黑龙江野鲤在产卵前的不同温度蓄养试验表明,产卵前长时间在较高水温环境中蓄养会阻碍产卵活动的顺利进行,这一结果从另一面证明了升温是产卵的信号因子。由于升温是产卵的刺激信号,而长时间在高温环境中蓄养,传递产卵信号的生物钟受到扰乱,鱼类的内分泌系统对催产药物不再敏感,导致催产的失败。它的这种习性与长江流域的一些鱼类产卵前需要一段时间的高温培育^[2,11]有差异,这方面的生理机制有待深入研究。

3.2 低温下囊胚原肠期和孵出期胚胎发育停滞的生物学意义

黑龙江野鲤孵出期胚胎在低于14℃、囊胚原肠期胚胎在低于10℃的水温环境中发育处于停滞状态,这是它对不适生存环境的适应性保护。由于囊胚原肠期和孵出期后面的发育期是对低温比较敏感的神经胚期和刚孵出的仔鱼,在低温环境中囊胚原肠期和孵出期胚胎发育停滞,可以避免胚胎发育进入到容易受低温侵害的神经胚期和仔鱼期,保证了繁殖群体的生存。类似现象在滩头雅罗鱼、施氏鲟、金鱼、池沼底鳅(*Fundulus confluentus*)^[2,3,12,13]等也曾发现,这是鱼类在多变水文环境的胁迫下,通过生存选择形成的进化适应。

掌握了黑龙江流域鱼类适应水温变化环境的繁殖习性,可以在保持水温稳定的条件下,提早进行低温催产,延长幼鱼的生长期。另外,利用胚胎发育对多变水温环境的适应机理,可以在水温多变的环境中,合理选择人工催产时间,使得对低温敏感的胚胎发育时期在孵化中避开低温,提高孵化效率,开展这方面的深入研究,在生产实际中具有重要意义。

参考文献:

- [1] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1995. 105 - 151.
- [2] 张扬宗, 谭玉均, 欧阳海. 中国池塘养鱼学[M]. 北京:科学出版社,1989. 205 - 261.
- [3] 尹家胜, 沈俊宝, 栾晓红. 温度对绥芬河滩头雅罗鱼胚胎发育的影响[J]. 生态学报,1992,12(3):232 - 238.
- [4] 尹家胜, 潘为志, 孙大江. 低温环境下施氏鲟的人工繁殖研究[J]. 生态学报,2001,21(10):1741 - 1744.
- [5] 尹家胜, 沈俊宝, 徐伟. 水温变化对绥芬河滩头雅罗鱼产卵的影响[J]. 动物学报,2001,47(6):704 - 708.
- [6] 沈俊宝, 刘明华. 鲤鱼育种研究[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2000. 1 - 13.

- [7] 沈俊宝,刘明华. 黑龙江银鲫[M]. 哈尔滨:黑龙江科技出版社,1997. 197 - 205.
- [8] 易伯鲁,梁秩燊. 长江家鱼产卵场的自然条件和促使产卵的主要外界因素[J]. 水生生物学集刊,1964,(1):1 - 15.
- [9] 何德奎,陈毅峰,陈自明. 色林错裸鲤性腺发育的组织学研究[J]. 水产学报,2001,25(2):97 - 102.
- [10] 何德奎,陈毅峰,蔡斌. 纳木错裸鲤性腺发育的组织学研究[J]. 水生生物学报,2001,25(1):1 - 13.
- [11] 钟麟. 家鱼的生物学和人工繁殖[M]. 北京:科学出版社,1965. 50 - 65.
- [12] 庞诗宜. 环境温度对金鱼胚胎发育的影响[J]. 实验生物学报,1961,(3):271 - 278.
- [13] Harrington R W. Delayed hatching in stranded eggs of the Marsh Killifish, *Fundulus confluentus*[J]. Ecology 1959, 40:430 - 437.

欢迎订阅 2003 年《水产学报》

《水产学报》是中国水产学会主办的水产科学技术的学术性刊物。创刊于 1964 年。主要刊载渔业资源、水产养殖和增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器以及水产基础研究的论文、简报和综述。并酌登编委介绍、学术动态和重要书刊的评介等。

本刊为双月刊,大 16 开,2003 年另出增刊一期。国内外公开发行。每期单价 15 元,全年订价 105 元(含邮费)。国内邮发代号:4-297。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。编辑部还有《水产学报》(1964-2001 年)全文检索光盘,定价 200 元(含邮费)。欢迎订阅。

编辑部地址:上海市军工路 334 号,上海水产大学 48 信箱,邮编 200090。

联系电话:(021)65710232,传真:(021)65680965。

E-mail:scxuebao@online.sh.cn

欢迎订阅 2003 年《上海水产大学学报》

《上海水产大学学报》是上海水产大学主办的以水产科学技术为主的综合性学术刊物。主要反映各学科科研成果,促进学术与教学研究的交流与繁荣。主要刊载渔业资源、水产养殖和增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器、渔业经济与技术管理以及水产基础研究等言面的论文、调查报告、研究简报、综述与评述、简讯等,并酌登学术动态和重要书刊的评介等。

本刊为季刊,大 16 开,国内外公开发行。每期单价 6 元,全年订价 30 元(含邮费)。国际标准刊号:ISSN 1004-7271,国内统一刊号:CN31-1613/S。国内邮发代号:4-604,国际发行代号:4822Q。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。编辑部还有《上海水产大学学报》(1992-2001 年)全文检索光盘,定价 50 元(含邮费)。欢迎订阅。

编辑部地址:上海市军工路 334 号,上海水产大学 38 信箱,邮编 200090。

联系电话:(021)65710892,传真:(021)65680965。

E-mail:xuebao@shfu.edu.cn