

温度对鱼类生存的影响^{*}

龙 华^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业部水生动物遗传育种和养殖生物学重点开放实验室, 江苏 无锡 214081; 2. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 农业部淡水鱼类种质资源与生物技术重点开放实验室, 湖北 荆州 434000)

摘要: 鱼类进化发展至今, 分布在全世界各个水域中的鱼类形成了能够在不同水温环境条件下生存的各种类型: 如温水性鱼类、广温性鱼类、冷水性鱼类/耐低温鱼类和暖水性鱼类/耐高温鱼类。水温的变化不仅导致鱼类的夏眠和冬眠, 而且还影响鱼类的繁殖和水体溶氧量, 是与鱼类循环系统和呼吸系统关系最为密切, 并进而影响鱼类生存的重要环境因子之一。

关键词: 鱼类; 温度; 耐低温; 耐高温; 休眠; 繁殖; 溶氧量

中图分类号: Q178.1⁺1 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579(2005)S1-0254-04

地球上生物演化的古生代包括寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪和二叠纪。寒武纪原始无脊椎动物逐渐演化发展成具有硬壳的无脊椎动物; 奥陶纪海生无脊椎动物不仅在生态习性上产生重要分异, 而且还出现了最早的脊椎动物——原始鱼类; 泥盆纪鱼类从无脊椎动物中分化出来并形成生物界的新族。由于泥盆纪的鱼类空前繁盛, 泥盆纪又称“鱼类的初生时代”。中生代的侏罗纪和白垩纪是鱼类中兴时代。新生代时, 各种古今鱼类共存于海洋和地球上的其它水域, 鱼类家庭达到全盛。原始的地球拥有原始的大气和原始的地质形态, 地球上主要是水(海洋)的世界, 那时的鱼类都生活在淡水或滨海三角洲半咸水中。早期的鱼类比较原始, 还没有上下颌的分化, 后来由于水温和大气结构的改变, 地球上才出现较进步的鱼类类型, 并逐渐分化为硬骨鱼类和软骨鱼类。现在全世界约有 24 000 种鱼类; 另一方面, 鱼类进化发展至今, 在自然选择和适者生存的双重作用下, 分布在全世界各个水域中的鱼类形成了能够在不同水温环境条件下生存的各种类型。因此, 水温是与鱼类的循环系统和呼吸系统关系最为密切, 并进而影响鱼类生存的重要环境因子。

1 鱼类生存对水温的依赖

鱼类属变温动物, 它的生长繁衍与温度、光照、紫外、气压等气候因子有密切关系, 其中环境温度是鱼类生长发育最重要的气候因子。在一定范

围内, 较高的温度使鱼生长较快, 较低的温度生长较慢。低温下, 鱼类神经激素分泌少, 消化酶活性低, 鱼类死亡率较高; 鱼类耐受高温比耐受低温更为困难, 因为鱼体中的生物活性物质(蛋白质、酶等)在高温下会变性失活; 如果水温急剧升降, 鱼类因不能马上适应新的环境而导致死亡, 而且鱼体表受伤, 易被寄生虫侵袭寄生, 造成鱼体抵抗力变弱而死亡。不同的鱼要求不同的水温:

(1) 普通鱼类适宜生活的水温范围, 一般是 12~30℃, 超过这个温度范围, 其生存就会受影响。例如, 普通鱼类在水温 23~24℃时行动自如, 升至 34℃时即影响呼吸, 37℃时失去平衡, 41℃时出现痉挛和昏迷, 45℃时开始死亡。相反, 普通鱼类在水温 18℃时生活正常, 降至 12℃时呼吸增大, 6℃以下时失去平衡, 3℃以下引起痉挛, 近冰点时开始死亡。

(2) 观赏鱼类中, 热带鱼因种类不同, 对水温要求也不相同。但大致可分为高温鱼和低温鱼。一般家庭饲养, 冬季水温不可低于 15℃。因为这些鱼原产于赤道附近, 生性惧冷, 一旦温度低于 15℃, 任何种类的热带鱼都将面临厄运。

(3) 养殖鱼类中, 水温为 15~32℃, 大多数鲤科鱼类适宜生存(如鲤、鲫鱼的生长温度起点为 8~9℃, 而青鱼、草鱼、鲢、鳙、鲂等在 15~20℃时才进入明显生长期, 25~30℃时进入最适生长期); 水温为 20~32℃, 除了鲤科鱼类外, 还可养殖热带、亚热带鱼类(如罗非鱼等在 14℃以下

* 收稿日期: 2005-01-02

基金项目: 农业部水生动物遗传育种和养殖生物学重点开放实验室课题资助项目

作者简介: 龙华(1964年生), 男, 硕士, E-mail: longhua0000@com.cn

死亡, 18℃以上开始摄食生长, 28~32℃为最适生长期); 水温为 8~20℃, 则适宜养殖鲑科鱼类为主(如虹鳟鱼在 6℃以上开始摄食, 17~20℃为最适生长期, 25℃以上就因水温过高而死亡)。

根据我国的水域状况, 黄河以南以鲤科鱼类为主; 闽江以南除温水性鲤科鱼类外, 尚可养殖部分鲮鱼和罗非鱼等; 黄河以北, 特别是东北地区除一般鲤科鱼类外, 可选择养殖虹鳟等冷水性鱼类。

2 水温对鱼类栖息的影响

鱼类的的生活习性各不相同, 无论温度高低, 只要鱼类习惯了就能生存^[1]。由于地球水域广大, 人们便根据鱼类对水温的适应情况, 将不同生存水温的鱼类分为 3 种: 冷水性鱼类(极限种为耐低温鱼类, 水温范围为 0~20℃)、温水性鱼类(表 1, 水温范围为 10~30℃)和暖水性鱼类(极限种为耐高温鱼类, 水温范围为 20~40℃), 此外, 还有一类广温性鱼类(表 2), 生存水温范围包括上述 3 个温度区(0~35℃)。

表 1 部分温水性鱼类与水温¹⁾

Tah 1 The relationship between partial fishes of wamm water type and water temperature ℃

种名	生存范围	最适范围	种名	生存范围	最适范围
斑节对虾	—	27~31	鲮鱼	15~30	
黄鳍鲷	—	28~30	泥鳅	15~30	25~27
野鲮	—	30~35	罗非鱼	16~40	28~32
鮑	10~25	—	日本对虾	17~29	—
鲫鱼	10~32	—	胡子鲇	18~32	25~30
文蛤	11~30	25~27	锯缘青蟹	18~32	—
淡水鲳	12~35	24~32	银鲃	18~34	—
牙鲆	14~23	19~20	鱼鲶	20~36	—
珍珠贝	15~30	23~25	石斑鱼	22~30	24~28

1) 本文表格全部数据来源为参考文献 [2~5]。

表 2 部分广温性鱼类与水温

Tah 2 The relationship between partial fishes of wide-range temperature water type and water temperature water type and water temperature ℃

种名	生存范围	最适范围	种名	生存范围	最适范围
盲鱼	—10~35	—	鳊鲌	1~38	25~27
贻贝	—2~28	14~20	欧洲鳊鲌	1~38	22~26
鳊鱼	0~30	—	日本鳊鲌	1~38	18~30
银鱼	0~32	—	加州鲈	1~36.4	20~30
鳙鱼	0~35	18~28	云斑鲮	1~39.5	18~32
斑点叉尾鲷	0~38	20~34	食蚊鱼	4.5~38	—
长吻鲃	0~38	25~28	黄姑鱼	6~30	18~28
大口鲇	0~38	20~30	缙蛭	8~30	—
银鲫	0~38	25~32			

3 耐低温和耐高温鱼类

3.1 冷水性鱼类/耐低温鱼类

主要指分布于南北极海域、南北极河口淡水域、深海底层以及高原水域的鱼类。正常生长的上限温度为 18~20℃, 生长最适温度是 12~18℃(如小黄鱼生存水温为 6~20℃、虹鳟生存水温为 4~20℃); 超过 18℃则温度越高, 生长越慢, 超过 20℃死亡率增高, 在 25℃的水中不多时即会全部死亡。这类鱼的繁殖季节是初冬至翌年早春, 繁殖盛期多在 11 月至翌年 2 月。下限温度一般能达到冰点以下(如北极比目鱼能达到零下 1.9℃), 水温超过 13℃易导致其性腺发育不成熟、胚胎发育不正常。其生长没有明显的下限温度, 只要水不结冰即能摄食生长。

深海(10 000 m 左右)水域的最高水温仅在冰点以上 1~2℃范围, 有大量鱼类生存; 而地球的第三极——我国青藏高原地区的湖泊和河流中也生活着大量的高原耐寒的淡水鱼类。其中有一种白缘鱼央, 生存水温为 0~25℃, 最适温度为 6~15℃(冰点状态下, 虽停止活动, 但仍可在最适温度下恢复生机), 是高原冷水性鱼类的代表^[6]。有一些特殊种类的鱼类特别耐低温, 如阿拉斯加和西伯利亚冰河中的黑鱼(0℃)、大西洋水域中的白血鱼(—5~—8℃)、我国云南的盲鱼(—10℃)等。

耐低温的鱼类(如南极鳕鱼、北极比目鱼)的血液中有抗冻蛋白, 虽然体温降低了, 其体液并不冻结。抗冻蛋白能起到抗冻作用是因为它能包在冰晶的表面, 使冰晶不能再增长。只要冰晶在血液里不长得过大, 鱼就可以在冰冷的水中生存。因此, 鱼可以在海水冰点以下的温度中正常生活。

3.2 暖水性鱼类/耐高温鱼类

一些鱼类对高温的耐受极限温度令人难以想象, 如东方鲀 4℃、锯缘青蟹 39℃、日本对虾 39℃、缙蛭 39℃、遮目鱼 42.7℃等。生活在赤道热水域和热带沼泽的淡水鱼大多是耐高温鱼类, 如群栖性的鱼可在烫手的热水温泉中生存; 肯尼亚列夫脱山谷底的马加迪湖东岸的咸水性温泉(27~49℃)中生活着成群的罗非鱼; 我国云南有一种小鱼能在 48℃的温泉中生存着; 美国加利福尼亚州的一条平均水温为 55℃的河里栖息着一种热水鲤鱼; 火山岛伊都普鲁岛的高达 70℃左右的湖泊中生活着一种小鱼; 马达加斯加首都塔那那利佛东部地区温度为 75℃的温泉中生活着一种浅黑色的小鱼, 这可能是世界上最能耐高温的鱼。

鱼类耐受高温的生理机制可能与其体内一些相

关基因的表达调控、某些被修饰后的蛋白质的特异性以及蛋白质的多态性有关^[7]。一些蛋白质和酶类的基因可能受高温诱导而表达；某些蛋白质在高温下被一些基团修饰后的具有耐受高温的特异性；一些蛋白质的多态体在高温下能够保持生理活性，这些因素均可能是鱼类耐受高温的原因。

4 水温与鱼类休眠

鱼类在水温过低或过高而超越其耐受范围并影响其生存时，采取的保护办法即是休眠。鱼类克服严寒的休眠，称为冬眠。鱼类的冬眠与两栖类、爬行类和某些冬眠的哺乳类略有不同，即后者冬眠时完全处于麻痹状态，而鱼类仅是停止摄食，隐于水草或岩石间，或多或少地进入麻痹状态。譬如鲤鱼常成群聚集于水的深处越冬，每群 40~50 尾到上百尾不等。冬眠时在水底聚集，头部相互倚靠，围成一圈，呼吸十分迟钝、缓慢，鳃盖的启动更加微弱。鱼类克服干旱与高温的休眠，即为夏眠。特别是在、赤道与热带沼泽地区，一年中常有数周或数月的干涸期，生活在这里的淡水鱼类即进行夏眠。攀鲈和乌鳢等具副呼吸器官的鱼类，在干涸的夏季常埋在泥中度过干旱期，降雨后再重新苏醒恢复正常生活。在印度，老百姓常在干旱季节用铁锹挖掘泥中的攀鲈。海水鱼没有夏眠现象，这与海水温度相对稳定有关。

5 水温与鱼类繁殖

每一种鱼的繁殖（产卵和孵化）水温是一定的。环境温度决定鱼体内的酶活力和新陈代谢的强度，不仅影响着鱼类的繁殖温度（表 3），也决定了鱼类的繁殖季节。冷水性鱼类一般在秋末至翌年早春繁殖（表 4）；我国大部分温水性鱼类在初春夏末繁殖（表 5）；有些与鱼类在夏末秋初（10—11 月）繁殖，如达氏鲟、大麻哈鱼、六线鱼等；而有些鱼类繁殖季节较广，如锯缘青蟹（3—10 月）、罗氏沼虾（4—11 月）、淡水鲮（5—10 月）；罗非鱼 1 a 繁殖 4~8 次；小黄鱼 1 a 有 2 次繁殖（春季 3—5 月，秋季 9—12 月）；大黄鱼 1 a 也有 2 次繁殖（春季：南海水域 2—3 月，东海水域 4—6 月；秋季：东海水域 8—10 月，南海水域 10—12 月）。因水域（水温）不同而繁殖季节不同的鱼类还有：竹筴鱼（南海水域 12—4 月，东海水域 2—4 月，黄海水域 5—7 月）、蛇鲻（南海北部水域 2—3 月，黄海、渤海水域 5—6 月）、鳎鱼（南海北部水域 11—1 月，黄海、渤海水域 4—6 月）等。一般情况下，在适温范围内，亲鱼的生长发育速度随温

度的升高而加快。广东地区比黑龙江地区的“四大家鱼”性成熟早 1~2，产卵季节也早 2~3 个月。

表 3 部分鱼类的繁殖温度
Tab. 3 The temperature of reproduction of some fishes ℃

种名	繁殖温度	种名	繁殖温度
虹鳟	9~12	斑点叉尾鮰	22~29
花鲈	14	鳊鱼	22~30
牙鲆	15	许氏平鲱	23
河蚌	15~20	长吻鮠	23~27.5
中国对虾	16~18	斑节对虾	24
鲫鱼	17	罗氏沼虾	25
真鲷	17~19	石斑鱼	25
鲮鱼	17~23	团头鲂	25
鲤鱼	18	中华乌塘鳢	25~28
银鲫	20~22	胡子鲇	26~28
白鲢	20~23	遮目鱼	26
大口鲈	20~23	淡水鲮	27~30
加州鲈	20~24	日本对虾	27~30
鳙鱼	20~27		

表 4 部分秋末至翌年早春繁殖鱼类与季节
Tab. 4 The reproduction seasons of some fishes the end of autumn to the beginning of spring of next year

种名	月份	种名	月份
长尾大眼鲷	1—2	乌原鲤	11—1
鳕鱼	1—2	松江鲈鱼	11—2
银鲫	2—3	虹鳟	11—3
白鲟	2—3	花鲈	12—2
华鲮	2—4	江鳕	12—2
鲮鱼	10—1		

表 5 部分初春夏末繁殖鱼类与季节
Tab. 5 The reproduction seasons of some fishes from the beginning of spring to the end of summer

种名	月份	种名	月份	种名	月份	种名	月份
白鲫	2—7	华	4—5	大理裂尻鱼	4—7	鳊鱼	5—7
加州鲈	2—7	白姑鱼	4—6	倒刺	4—8	丁鲷	5—7
东坡墨鱼	3—4	白鲢	4—6	黄鳝	4—8	鲇	5—7
齐口裂腹鱼	3—4	长吻鮠	4—6	尖吻鲈	4—8	青鱼	5—7
五棘银鲈	3—4	鮠	4—6	鲮鱼	4—8	鲮条	5—7
胭脂鱼	3—4	狗鱼	4—6	裸黄鱼	4—8	鮠	5—7
银鱼	3—4	黄姑鱼	4—6	胡子鲇	4—9	乌鳢	5—7
海鲶	3—5	鲤鱼	4—6	方头鱼	5—6	斑点叉尾鮰	5—8
大口鲈	3—6	麦穗鱼	4—6	红鳍东方鲀	5—6	长春鳊	5—8
南方马口鱼	3—6	蛇鮈	4—6	黄鲫	5—6	海马	5—9
鲫鱼	3—8	铜鱼	4—6	黄颡鱼	5—6	泥鳅	5—9
青海湖裸鲤	3—8	银鲷	4—6	青鳞鱼	5—6	海鳗	6—7
多鳞鲈	4—5	草鱼	4—7	团头鲂	5—6	鳊	6—7
茴鱼	4—5	鳙鱼	4—7	银鲈	5—6	鲟鱼	6—7
金线鱼	4—5	遮目鱼	4—7	哲罗鱼	5—6	梭鱼	6—7
花鲈	4—5	鮠	4—7	鮠	5—7	大弹涂鱼	7—8

6 水温与水体溶氧

水体溶氧量是水体中溶解分子状态氧的多少, 通常用溶解氧(DO)表示, 单位为mg/L。在20℃和1大气压情况下, 空气中的氧气含量为210 mg/L, 而纯水中饱和溶解氧含量为8~10 mg/L。一般水体中, 0~1 m为光合增氧层, 1~1.5 m为过渡层, 1.5 m到底层为呼吸耗氧层。1 d中不同时间以及1 a中不同季节, 水体的溶氧量存在一定差异。水体溶氧量受水温的影响较大。水温是随着时间和空间变化而变化的环境因子, 它不仅影响水体的许多理化因子(包括溶氧量), 而且直接影响鱼类本身的生理活动。当水温升高, 新陈代谢增强, 对氧的需求增加; 当水温降低, 新陈代谢减弱, 对氧的需求减少。

早在3 000 a前, 我国的农民已开始淡水鱼塘养鱼; 2 000 a前, 又开始在沿海养殖软体水产。数个世纪以来, 水产养殖(鱼类、贝类及水生植物)大部分作为一种小规模自给行为而存在, 产量较低。但在过去的几十年内, 水产养殖业突飞猛进, 目前已成为全球增长最快的食物生产体系。专家认为, 30 a后水产养殖将成为人类最大的鱼类及甲壳类消费资源。水体是一个动态的生态环境, 各种环境因子变化较快, 尤其是水温和气温。与水产养殖相关的环境因子包括水温、溶氧、水流、水深、光照、水质、饵料丰度以及添加剂等, 而与水产养殖相关的生物因子则主要是养殖品种本身, 如

养殖品种、品种规格、品种性比、生长发育期、应激反应等。在生产实践中, 人们已经发展了如下几种高密度水产养殖模式: ①集约化高密度精养模式; ②大水面高密度套养模式; ③高密度立体混养模式; ④高密度网箱养殖模式; ⑤高密度流水养殖模式。这些高密度养殖模式, 各有特点和优势, 但不论是主养还是混养、静水还是流水、大水面还是小池塘, 均需要保证养殖水体水温的稳定性和最佳状态, 保证水体空间水中饵料生物的充分利用, 从而大幅度提高养殖密度, 并通过强化投饵使鱼类快速生长, 缩短养殖周期, 其净产量的经济产出相对于饲料消耗量的经济投入有较高的经济收益, 这才是健康的高密度水产养殖的科学模式。

参考文献:

- [1] 史为良. 水域环境水的温度分层与水产养殖的关系[J]. 齐鲁渔业, 2003, 20(2): 1—3.
- [2] 国家水产总局东海水产研究所. 简明水产词典[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 100—102.
- [3] 姚国成. 优质, 高产, 高效——淡水养殖技术与经验[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 9—244.
- [4] 陆忠康. 简明中国水产养殖百科全书[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 1—846.
- [5] 仇潜如, 范兆廷, 王令玲, 等. 主要淡水养殖鱼类种质研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991: 1—31.
- [6] 龙华, 刘薇, 汪登强, 等. 白缘缺的驯养及解剖观察[J]. 中华学术论坛, 2004, 2(8): 5—6.
- [7] 龙华, 汤伏生, 曾勇, 等. 12种鱼血清转铁蛋白的比较[J]. 武汉大学学报(自然科学版). 生物工程专刊, 1996, 11(S): 71—76.

The Effect of Temperature on Fish Survival

LONG Hua^{1, 2}

(1. Key Laboratory of Aquatic Heredity Breeding & Breed Biology, Ministry of Agriculture,

Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Wuxi 214081, China;

2. Key Laboratory of Freshwater Fish Germplasm Resources & Biotechnology, Ministry of Agriculture,

Yangtze River Fisheries Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Jingzhou 434000, China)

Abstract: Fishes distributed around various waters in the world have formed all kinds of types, such as partial tepidity water type, partial wide-range temperature water type, partial coldish water type / lower temperature water toleration type and partial warm water type / higher temperature water toleration type, to be able to survive in different temperature environment conditions while evolution and development of fish. The change of water temperature not only causes fish estivation and hibernation but also affects fish reproduction and dissolved capacity of oxygen. The water temperature is one of the important environment factors related with fish circulatory and respiratory system and affected fish survival.

Key words: fish; temperature; lower temperature water toleration; higher temperature water toleration; dormancy; reproduction; dissolved capacity of oxygen