

第二十章 鱼类与环境的关系

讲授重点：

- 1、水温与鱼类摄食、生长、繁殖的关系。
- 2、溶氧与鱼类的关系。
- 3、鱼类种内和种间关系。

第一节 鱼类与水温的关系

鱼是冷血变温动物，体温随水温的变化而变化。

一、水温与摄食关系

摄食强度存在季节变化，特别是温带鱼类，春夏强烈，秋冬少食或停食。鲤鱼 4℃以上开始摄食，8℃以上正常，13℃时 13.5% 用于生长，23℃时 31.3% 用于生长，23—29℃最强烈，超过 29℃下降。鳊 10℃开始摄食，25—27℃食量最大，28℃以上减少。虹鳟 3℃开始摄食，15—17℃最大，20℃以上减少。鳊在冬季 4.9—9.1℃，摄食个体 3.2—4.9%，水温升到 22.7—30.6℃，摄食个体 100%。在最适温度范围内，随着水温升高，代谢作用增强，摄食强度也增加。

二、水温与生长的关系

水温是影响鱼类生长的主要因子之一，称为控制因子。在适温范围内，代谢强度与水温呈正相关，生长亦呈正相关，根本原因是与摄食和营养有关。

①各种鱼生长快慢有各自的特点，有各自生长温度范围，如鳊，生长温度 3—37℃，生长适温 20—30℃；虹鳟生长温度 3—25℃，生长适温 10—18℃。

②同种鱼在适温范围内生长快慢与水温高低有关

过冬草鱼种，4月7日水温 15℃，体重 21.5 克，每隔半个月测水温和体温，增重率随水温升高而加快，17℃—11.6%；21℃—16.7%；22.5℃—21.4%；25.5℃—26.4%；27℃—28%；28.5℃—25.5%；32.5℃—23.2%（7月21日）；29℃—18.8%；25.5℃—14.8%。

③同种鱼生活在平均水温较高的水域比在水温较低的水域生长为快，因为水温与饵料生物、肥育季节有关。

三、水温与繁殖发育关系

①水温与鱼类性成熟年龄的关系（见繁殖章）

②水温与产卵关系：在其它繁殖生态条件适合情况下，水温是产卵的刺激信号，如鲤 14℃以上，鲢 18℃以上，鳊 25℃，大麻哈鱼 12℃以下，细鳞鱼 7—8℃，狗鱼 3—6℃。

③水温与受精率关系：过高过低影响受精率，鳊 27℃—95.5%；29℃—86.5%；31℃—60%

④水温与胚胎发育的关系很大程度上呈负相关，如鲢卵孵化时间，18℃—61小时；28℃—18小时；30℃—15.5小时；草鱼苗孵出→鳔出现，18—23℃为13天；23.6—26℃为3天；过高过低引起畸形。

四、水温急剧变化，引起鱼的死亡

鳃、鳃鱼苗 20℃→25.6℃，4~5小时全部死亡，因生理机制失调而死。

不同鱼对水温适应能力不一样，可分为两大类

广温性鱼类——鲤、鲫、鲮、棱等温带性鱼类，能生存 0.5—38℃

狭温性鱼类——冷水性鱼类：如鲑鳟鱼类，20℃以上就不易生存

暖水性鱼类：如罗非鱼要求水温 12—13℃以上；鳊鱼 7℃以上。

第二节 鱼类与溶氧的关系

一、耗氧量与耗氧率

耗氧量是指个体在单位时间内的耗 O₂ 数值；耗 O₂ 率为单位时间（小时）内单位体重（g 或 kg）所需的 O₂ 量。

1、耗 O₂ 与鱼体大小关系

耗 O₂ 量随个体增大而增加，耗 O₂ 率随之减少，如香鱼苗种，在 17℃ 时，耗 O₂ 量与鱼体大小关系：

平均体长（cm）	鱼总重（g）	平均耗 O ₂ 量 mg/尾 小时	平均耗 O ₂ 率 mg/ 克小时
5.33 ± 0.43	21（14尾）	0.833	0.554
8.11 ± 0.40	40（8尾）	2.370	0.474
10.54 ± 0.78	70（6尾）	4.137	0.354

同种不同个体，在相同温度下，个体小耗 O₂ 率相对高，因直接维持生命的组织器官，如肾、脑、性腺、肝脏、鳃、肠等，每克每分钟耗 O₂ 量较高，非直接维持生命的组织，如骨骼耗 O₂ 量较低，幼鱼的第一类组织器官比例高，随着个体逐渐生长，第二类比例增大，因此个体小耗 O₂ 率相对高

耗 O₂ 与体重间为幂指数关系 $R=kw^x$

红鲤苗 $R=0.00104w^{0.84}$ 白鲢苗 $R=0.00091w^{0.88}$

耗 O₂ 量变化受许因素制约，与摄食、运动等活动有关，如鳟摄食后耗 O₂ 率增 22 — 26%；鲫饥饿 24h，耗 O₂ 率只有原来的 76%，摄食时增加的能耗称作特殊动力活动耗能（SDA）；许多鱼约 9.5 — 19% 的能量用于 SDA。

竹荚鱼游速加快，耗 O₂ 率成倍上升，游速 0.5m/s 时为不游时 3.3 — 6.6 倍，1m/s 时为 5.7 — 11.4 倍。

2、耗 O₂ 量与水温关系

在一定温度范围内，耗 O₂ 量和耗 O₂ 率均随水温升高而增加如香鱼苗，体长 $8.11 \pm 0.40\text{cm}$ ，水温 13.1°C ，耗 O₂ 率为 $0.420\text{mg/g}\cdot\text{h}$ 、耗 O₂ 量为 $2.143\text{mg/尾}\cdot\text{h}$ ；水温 27°C 耗 O₂ 率 0.608 、耗 O₂ 量 2.880 。

3、耗 O₂ 率与盐度关系

香鱼，盐度 11.34‰ 以下，耗 O₂ 率基本一致在 $0.55 - 0.57\text{mg/g}\cdot\text{h}$ ；盐度 11.34‰ 以上，随着盐度增高，耗 O₂ 率迅速上升，如 20.5‰ 为 $0.638\text{mg/g}\cdot\text{h}$ ；26.5‰ 为 $0.785\text{mg/g}\cdot\text{h}$ 。可能渗透压调节有关。

二、溶 O₂ 与鱼类活动关系

1、各种鱼对水中溶 O₂ 量要求不同，冷水性鱼类要求高，如虹鳟最适溶 O₂ $6.5-11.0\text{mg/L}$ ，致死点 3mg/L ， 10mg/L 食欲最强，降到 2mg/L ，食欲大减， 1mg/L 以下，停止摄食，大部分鲤科鱼类最适溶 O₂ $5 - 7\text{mg/L}$ ，冬季可 $0.7-2.8\text{mg/L}$ 。

2、溶 O₂ 与窒息 鱼体窒息死亡时的环境溶 O₂ 量称为窒息点

——①窒息点与鱼体大小 个体小，耐低氧能力差。（例：水温 11.5°C ）

如香鱼体长 $4.49 \pm 0.33\text{cm}$ ，死亡 1/2 时溶 O₂ 为 2.014mg/L ；全死 1.900mg/L

$10.08 \pm 0.96\text{cm}$ ，

$1.543 - 1.428$

——②窒息点与水温关系 水温升高，略有上升

香鱼体长 $5.02 \pm 0.64\text{cm}$ ， $11.5\text{ }^\circ\text{C}$ 为 2.014 mg/L ； $27.5\text{ }^\circ\text{C}$ 为 2.272 mg/L 。
梭鱼在水温 $37\text{ }^\circ\text{C}$ 时的半数窒息溶 O_2 量约是 $25 \sim 28\text{ }^\circ\text{C}$ 时的 1 倍

不同种类，同种不同大小、不同水温，窒息点有差异。

第三节 鱼类与盐度和溶解盐类的关系

一、影响鱼类渗透压

鱼类对盐度变化的适应，根据忍受盐度的程度可分为

狭盐性

淡水鱼，适于淡水、低盐度

海水鱼，适于高盐度，马鲛、带鱼、鲳

广盐性

溯河 大麻哈鱼、鲑

洄游性 降河 鳗鲡

半洄游性（过河口性鱼类）鲚、银鱼

广盐性鱼类可驯化，鲢梭鱼从 38 ‰ 海水 \rightarrow 淡水、罗非鱼淡水 $\rightarrow 40 \sim 49\text{ ‰}$ 海水

二、作为鱼的营养物质，影响鱼的生长

1、培养水生生物

2、某些无机盐可被鱼体直接吸收，用 P 32 示踪，鳞鲤的口腔和鳃吸收 93% ，体表 6.3% ；镜鲤从鳃和口腔吸收 87.9% ，体表 12.1% 。

3、重金属对鱼类的毒害

铁 0.1 mg/L 以下刺激鱼类生长， 0.2 mg/L 以上，气体代谢降低，生长缓慢甚致死亡。

0.3 ppm 铅化物， 0.5 ppm 铅化物，使鱼致死。 0.018 ppm 氯化铜，使鲤致死。

中毒原因，①与鳃分泌粘液结合，堵塞鳃间隙或使鳃细胞内原生质凝固，引起呼吸困难致死。②离子吸入体内，与酶类的氢硫基结合成难溶的硫醇盐类，阻碍酶活性。

第四节 鱼类与酸碱度的关系

一、酸碱度对鱼类生活的影响

酸碱度能够直接影响鱼体的生理状况。在酸性水体内，使鱼类血液中的 pH 值下降，离子交换和酸碱平衡紊乱；刺激鳃部粘液过量分泌，降低氧越过鳃表面扩散速率；部分血红蛋白与氧的结合受阻，减低其载氧能力，导致血液中氧分压变小。在这种情况下，尽管水中含氧量较高，鱼类也会因缺氧而“浮头”。在酸性水中鱼类往往表现为不爱活动，畏缩迟滞，耗氧下降，代谢机能急剧低落，摄食很少，生长受到抑制。当 pH 值 4.0-5.0 时，离子交换失常，是致死主要原因，当 pH4.0 以下，严重破坏皮肤粘膜和鳃组织，使鱼窒息而死。

鱼胚和鱼苗对低 pH 最为敏感，而且最易死亡。胚胎的离子调节机制尚未发育完全，矿物质贮藏少。受精卵在低 pH 水中的死亡，是由于表皮细胞被酸腐蚀，干扰离子调节和呼吸的结果。不同发育阶段的胚胎对 pH 的敏感性不同，最敏感的阶段是眼色素期，此期的临界下限的 pH 为 6.0，此时胚胎开始主动吸收离子。

二、鱼类对酸碱度变化的适应

一般来说，海水鱼类能忍受 pH 值较小的变化幅度，而淡水鱼能忍受 pH 值较大的变化幅度。

各种鱼类有不同的 pH 值最适范围，一般鱼类多偏于适应中性或弱碱性环境，pH 在 7—8.5 范围内，不能低于 6 以下。中性及弱碱性反应的水，大部分是丰产的鱼池。

第五节 鱼类与光、声、电的关系

一、声

1、鱼能感受声波的振动，如鲫 2.5 ~ 3480Hz，鲈 40—600 有助于摄食和避敌，利用声诱捕鱼（摄食声和恐吓声）。

2、本能发声 ①恐吓声，如黄颡鱼；②集群声，黄鱼；③求偶声，鲮鱼，脉冲串长度 80.6 ~ 1767ms，主频 330—550Hz。

二、光

1、光对鱼类行动的影响

鱼对光线的反应是很复杂的，许多鱼类有趋光性，避强光、趋弱光。灯光捕鱼。

2、光对繁殖发育的影响

①光对性腺发育和成熟起直接作用的指导因子，对长光照型鱼提前把日照时间比自然状态延长一些，对短光照鱼类缩短时间，通常能使鱼类性腺提前成熟和产卵。这是控制鱼类性腺发育和成熟的一个重要途径。短光照鳊 12 — 1 月产卵，用人工短光照（6h 光照 +18h 黑暗 /d），能提前 2 — 6 个月成熟。鱼类性腺成熟具有每日的临界光照时间，把处于繁殖期间的阔尾 鳊 鱼置于临界光照（12 — 13h/d）以下，其中 0.4mm 以上大型卵母细胞就会完全破坏，若恢复到临界光照以上，卵母细胞再次生长。②鱼类产卵需要一定的光照度，光照度的变化往往成为成熟亲鱼产卵的诱因。③长期不给光照，会发生维生素缺乏症，丧失生殖力，如食蚊鱼。

3、光对视觉器的影响

长期洞穴生活，眼退化，如盲 鳊

三、电流

各种较大的水体中存在着微弱的大地电流，鱼类对电流的反应敏感，在大海中洄游的鱼类，可能是以大地的微弱电流来定向的，因为鱼在磁场中，头部总是转向阳极。

鱼在直流电电场中的反应

1、初始反应（感电）：鱼感到刺激而惊慌失措，游动不安，呼吸加快活动游动无特定方向，但鱼仍有辨别方向的能力，能回避外界的刺激，集群的鱼，仍保持集群性。

2、趋阳反应：鱼体微颤，肌肉紧张，游泳时缓时急，有时失去平衡，歪歪扭扭游向阳极，如时间太长，鱼因疲劳过度而昏迷下沉。水的电导率越高，趋阳反应越明显。

3、昏迷反应：鱼呼吸微弱或停止，鱼体僵直，鳍张开，原地不动，肚朝天。利用鱼对直流电的趋阳反应，出现电捕鱼。

一些鱼能发电：电鳗 700 — 800v，电鳐 200v。

第六节 水域污染对鱼类生活的影响

一、污染对鱼类的毒杀作用

有毒物质对鱼类毒杀作用有三个途径。

1、物理作用 有毒物吸附于鱼体的表面、口腔、眼球、鳃等处，刺激皮肤，损伤皮肤，造成病菌侵入；重金属离子附着在鱼鳃上，不仅使其分泌大量的粘液，并能与粘液凝固形成薄膜复盖于鳃之表面，充塞于鳃丝之间，使鱼呼吸困难，甚至损伤鳃组织，使其发炎、脱落，使鱼类窒息死亡。

2、化学作用 有毒物质经鳃或其他表露部位入侵体内，或从胃肠中吸入，会造成鱼类的神经中毒，活动失调，造成鱼类的生理障碍，破坏正常的生理功能；或杀死红血球，降低氧结合能力，使鱼体缺氧；或破坏酶活力，影响生长与繁殖，造成后代畸形或死亡。如铁盐可使鱼眼损伤变瞎。石炭酸（苯酚）可使神经麻痹，使血球破裂。氰化物能使神经麻痹，毒化血液，失去氧结合能力等。重金属离子通过鳃或体表进入体内，迅速与酶或生物活性物质的活性基因（如巯基、氨基、亚氨基等）结合生成不溶性的硫醇盐等，使之失去活性，从而破坏生物的酶系统。如水中 CaCl_2 为 $1 \mu\text{g/L}$ 时，鲤在 9—18 小时死亡。王明荣等（1995）测定， $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 能将鲢血液中的血红蛋白（Hb）氧化成高铁血红蛋白（MHb），当 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 分别为 1、2、3、4、 mg/L 时，相应实验鲢的血液中 MHb 含量分别为 5.88%、12.35%、14.06% 和 29.31%，使血液携氧能力下降。

3、生物作用 是指污染物所产生的生物学作用，造成危害鱼类生存和不良渔业后果。在有机物和大量营养盐类污染的海区，易导致赤潮浮游生物（如夜光虫、中肋骨条硅藻等）大量繁殖而形成“赤潮”，大量赤潮生物的耗氧和死亡后分解过程的耗氧，可使海水溶氧耗尽，导致赤潮区内鱼类及其它生物窒息死亡。浮游植物是水域初级生产力的基础，是一切水生生物的间接或直接的饵料，它们的存在和发展构成了水体天然生产力。污染对浮游植物光合作用的破坏力是非常严重的，能引起浮游植物大量死亡，使整个食物链从最基础的环节处断裂。如有机汞的含量 $0.1 \mu\text{g/L}$ 时即抑制浮游植物的光合作用，当浓度达到 $0.9 \mu\text{g/L}$ 以上时，导致它们大量死亡。D.D.T 浓度为 $10 \sim 100 \mu\text{g/L}$ 时抑制硅藻的光合作用。食物链的破坏，导致水域天然生产力下降，影响鱼的生长、发育、和生存。

二、污染导致鱼类质量低劣，降低食用价值

鱼类通过摄食被污染的饵料生物，或通过鳃和体表的渗透吸附，能够在体内大量积累，例如放养在狄氏剂 250mg/L 的食蚊鱼（*Gambusia affinis*），仅 40 分钟体内积累量达 10.48mg/kg ，虹鳟生活在含 2.3mg/L 的狄氏剂中 17~23 天，其中鳃积累量达 18mg/kg 、肌肉 7.7mg/kg 、肝脏为 16.0mg/kg 。受污染鱼类，如受石油或有机氯污染鱼类，往往带有难闻的煤油臭味或“六六六”的异味，失去食用价值，更为严重的是，人吃了受污染鱼类，鱼体积累的有毒物质便会转入人体，危害人体健康，例如 50 年代日本发生的“水俣病”，便是因食用被汞严重污染鱼类和其它海产品而引起的神经性疾病。

第七节 鱼类的种内关系

一、集群

不是所有鱼类在生命周期中都形成鱼群，特别是淡水凶猛鱼类。在生命周期的各个环节中形成临时性的群体，如产卵集群，完全由性成熟个体组成，可以由几个种群组成。越冬集群，在越冬场所形成的群体。肥育集群，觅食饵料所形成的群体。集群有御敌、保存自己的作用，容易获取食物，缺点是招引敌害，饵料供应受限制。

二、食物关系

包含摄取同样饵料的生存竞争和以同类为食（凶猛鱼类）的二个方面。

第八节 鱼类的种间关系

一个水域里鱼类组成有一定特点，形成某个水域的鱼类区系彼此间形成不同性质的紧密关系，如种间残食、寄生、共栖、食物竞争等，总的来说表现为食物关系。

鱼类区系：指某一水域在历史发展过程中所形成的和现今生态条件下生存的鱼类类群。

一、种间残食关系

二、种间食性分化和食物竞争。一个鱼类区系中，种与种之间的协调关系，表现在食性分化，其食物组成不同。摄食相似食物成分的两种鱼，若食物数量不足，会发生食物竞争，用共同饵料指数来表示竞争程度，例

鱼名	被食鱼	台氏 鲃	鲫	白 鲢	鳊 虎
	鳊	27	3	30	10
	鳊	10	20	5	80
指数 =	$10+3+5+10 = 28$	指数 > 50	有矛盾	指数 > 80	矛盾激化

三、寄生和共栖

盲鳗钻入活鱼体内食内脏，七鳃鳗附在其中鱼体上， 鲫与其它鱼共栖。

四、与其它生物关系

1、食物关系：许多水生动、植物是鱼类直接或间接饵料，形成所谓食物链（食物关系中的一种直线关系）例如浮游植物→浮游动物→虾→ 鳊 虎 →大眼 鳊，后一环节的生物量约为前一环节的 $1/7-1/10$

单纯食物链几乎不存在，一般由许多长短不一的食物链互相交叉构成复杂的食物网。

2、敌害关系

吞食鱼类：蛇、水貂、海豹

引起鱼病

第九节 食物链的概念

水域生态学中各种生物成员之间的最重要的联系是通过营养，即通过食物链联成一个整体。水域食物链如：浮游植物→浮游动物→无脊椎动物→肉食性鱼类→鱼食性鱼类。绿色植物（在水域，主要是浮游植物）能够直接利用水体各种无机营养盐和 CO₂，通过光合作用合成自身的有机物，并将光能转化为生物能储藏在体内，是食物的初级生产者；是一切动物直接或间接的食物来源。食物中的物质和能量，从植物开始通过一系列动物依次传递的途径，称为食物链（food chain）。食物链的本质是物质和能量在群落中从一种生物转到另一种生物；而每一种生物都是这一能流过程中的一个环节，称食物环节（food links）。鱼类的食物链最短两个环节，如绿色植物→草食性鱼类；多的也不超过四、五个环节。

第十节 生态系统概念

一、生态系的基本概念

所谓生态系统（ecosystem）就是生物群落与其环境之间由于不断地进行物质循环和能量流过程而形成的统一整体，简言之生物群落与理化环境的统一体。在这个系统内，生物与非生物之间，沿着一定的循环途径，进行着物质和能量的交换和流动。

鱼类所生活的水域生态系，可以分成海洋和内陆水域生态系两大类。前者又可分为沿海、内湾、河口、外洋、深海和上升流海域生态系等，而后者基本上分为静水（湖泊池塘）和流水（江河溪流）生态系两类。

生态系统的主要属性可以归纳为：（1）空间区域：任一生态系都与特定的空间相联系，即占有一定的地理位置。（2）系统功能：指生态系统内部存在着复杂的能量流动和物质转化过程。（3）资源要求：主要是需要一定的能量输入。（4）动态平衡与调节：包括生物与理化环境间的平衡，生物与生物种内和种间的平衡。生态系统内部存在一定的调节功能，以保持这种生态平衡。（5）演化：生态系统随着自然历史的发展而不断演变。

二、水域生态系的基本结构和功能

水域生态系的基本结构，包括两大组成部分；任何一个生态系也不例外：

1、非生物组成部分，包括：

（1）物质循环中涉及到的无机物质和无机化合物，如 C、H、O、N、P、S、CO₂、H₂O、O₂ 等。

（2）联系生物和非生物的有机化合物（蛋白质、碳水化合物、脂类、腐殖质等）。

（3）温度、光照、溶氧、盐度、pH 等自然理化因子。

非生物环境因子主要从两方面影响鱼类，一方面直接影响鱼类的代谢活动，从而使鱼类的生长、发育、繁殖等基本生命机能受到影响；另一方面是通过影响水域的物质循环和鱼类饵料生物、敌害生物的消长而间接作用于鱼类。这在有关章节中都已作了详细介绍。

2、生物组成部分，包括：

（1）生产者：指自养型绿色植物（包括藻类），能通过光合作用把简单的无机物制造成为复杂的有机物，并将光能转化为生物能贮藏在体内。以湖泊生态系为例，一类是生活在浅水的根生植物或大型漂浮植物；另一类是很小的浮游植物（单细胞藻类），凡是透光的水层中都有它们的存在，作为水域生态系的基本食物来源，比大型根生植物更重要。

（2）消费者：指异养型动物，以其它生物或颗粒有机物质（如有机碎屑、腐殖质等）为食的生物。在湖泊生态系中有浮游动物、底栖动物、昆虫幼虫、温和鱼类、凶猛鱼类等。根据这些动物在食物链中所处地位，又分：初级消费者，即草食动物，直接以植物为食；次级消费者，捕食初级消费者的肉食动物；三级消费者，以次级消费者为食的肉食动物，依次类推。

（3）分解者：也是异养型生物，主要包括细菌和真菌，它们能把死亡的有机体中复杂的有机物重新分解为简单的化合物或无机物，再为绿色植物利用，从而构成新的循环。