

温度对花鲈饥饿代谢的影响

沈勤, 徐善良, 严小军, 王丹丽

(宁波大学 浙江省海洋生物工程重点实验室, 浙江 宁波 315211)

摘要: 用自制的密闭流水式呼吸仪, 测定了温度对饥饿花鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 的排氨率和耗氧率的影响。实验采用当年花鲈 60 尾, 体质量 (221.7 ± 17.4) g。在 10 °C、15 °C、20 °C、25 °C 和 30 °C 温度下, 分析了其排氨率和耗氧率的变化规律, 并通过氨商 (AQ) 分别探讨了蛋白质供能比例及内源氮排泄 (ENE)。结果认为, (1) 排氨率和耗氧率均随温度的升高而升高, 经 Duncan 法多重比较, 两两温度之间差异显著 ($P < 0.05$); (2) 高温 30 °C 时的排氨率是低温 10 °C 时的近 9 倍, 内源氮排泄 (ENE) 占体蛋白质含氮量的比例也由 10 °C 时的 0.06% 上升至 30 °C 时的 0.55%, 表明蛋白质供能的绝对值随温度升高增加了 9 倍, 而耗氧率增加了 4.5 倍, 氨商 (AQ) 仅提高了近 1 倍, 参与供能的蛋白质占能量底物的比例由 11.84% 上升至 23.00%。因此, 饥饿花鲈的能量消耗主要是由脂肪和碳水化合物提供; (3) Q_{10} 值的变化证明花鲈的排氨率比耗氧率对温度具有更高的敏感性, 20~25 °C 时, Q_{10} 最小, 印证了此温度为花鲈的最适生长温度。[中国水产科学, 2008, 15(3): 500-505]

关键词: 花鲈; 饥饿; 温度; 排氨率; 耗氧率; 氨商; 内源氮排泄

中图分类号: S96

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)03-0500-06

花鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 俗称七星鲈、鲈鱼等, 属鲈形目 (Perciformes), 鲈科 (Serranidae), 花鲈属 (*Lateolabrax*)。其主要分布于中国、朝鲜及日本沿海, 是一种广温、广盐的浅海内湾凶猛肉食性鱼类。近十年来, 由于大规模人工育苗的突破, 在中国人工养殖发展迅速, 尤以浙、闽、粤三省为甚, 已成为海水网箱养殖的重要经济鱼种之一。并在花鲈胚胎发育、仔幼鱼早期营养与生长、人工饲料的研制、鱼病防控等方面积累了丰富的资料^[1-6]。

有关鱼类饥饿与摄食状态下的排泄及能量代谢等方面的研究尚不多见^[7-8]; 饥饿对花鲈的影响仅见钱云霞和朱艺峰分别对其血液生化指标及形态变化进行了分析研究^[9-10]。

网箱养殖海区的氮污染主要由养殖鱼类的排泄作用以及鱼粪和剩余饲料的分解产生, 在网箱养鱼密集区每年向海区排放的氨氮数以千吨计。因此, 分析探讨养殖鱼类的个体排氨水平, 有助于了解整个养殖海区的氨氮排放规律。

由于自然水温随季节变化, 鱼类常面临着温度波动对自身生理的影响。温度作为影响鱼类生理活动的重要生态因子之一, 是通过影响代谢率进而

对排氨率和耗氧率产生影响。不同鱼种及处于不同生理状态下的鱼类, 对温度波动的耐受能力不同, 适应方式也存在差异。而饥饿是鱼类经常面临的又一种生理胁迫, 在饥饿状态下鱼类生理供能会进行相应的调节, 进而影响蛋白质代谢, 排氨率和耗氧率也会发生相应的变化^[11]。本实验通过研究阐明饥饿状态下鲈鱼的排氨率和耗氧率的变化模式, 以及不同温度对排氨率与耗氧率的影响, 分析此过程中蛋白质分解供能情况。此结果为研究花鲈的补偿生长、提高饲料的利用率积累基础资料, 并为养殖海域的生态修复等提供决策依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼来源及驯化

实验鱼于 2006 年 11 月中旬取自宁波市象山县西沪港网箱养殖示范基地, 为当年健康鲈鱼, 共 60 尾。在室内水泥池暂养驯化 4 周, 暂养期间自然水温 18~10 °C, 每天 1 次投喂新鲜鲢鱼块, 换水 1/2。实验前 1 周进入实验温度适应, 分 5 池, 每池 12 尾, 温度分别设定为 10 °C、15 °C、20 °C、25 °C 和 30 °C, 用 500 W 恒温电热棒控制水温, 每日升温幅

收稿日期: 2007-09-24; 修订日期: 2007-11-30.

基金项目: 欧盟第六框架计划 (INCO-CT-2004-510706); 教育部科技创新工程重大项目培育资金 (705028).

作者简介: 沈勤 (1982-), 男, 研究生, 主要从事海水鱼类能量学研究. Tel: 13456146750; E-mail: sq_19820925@126.com

通讯作者: 徐善良. E-mail: xushanliang@nbu.edu.cn

度小于 2℃。实验前 2 d 饥饿不投饵, 各温度组随机挑选 5 尾饥饿后的正常个体用于实验, 实验鱼每尾平均质量 $(221.7 \pm 17.4) \text{ g}$ 。

1.2 实验用水

自然海水沉淀后经二级砂滤, 盐度 26, pH 8.16~8.25。

1.3 实验装置

本实验采用自制罐型流水密闭式呼吸测定仪 (图 1), 呼吸室容积为 6 L, 能容纳鲈鱼总质量 300~500 g, 且保证其处于相对静止状态。呼吸室前端有一个进水口, 连接热交换回形管一端, 交换管另一端用胶管连接高位水箱。呼吸室后端有一个出水口, 通过呼吸室的水流量由连接出水口的乳胶管上流量计的阀门适时进行调节, 流量计后为溶解氧采样瓶, 溶解氧瓶外为氨氮水样杯。呼吸室浸没在一个大的恒温水浴槽内。

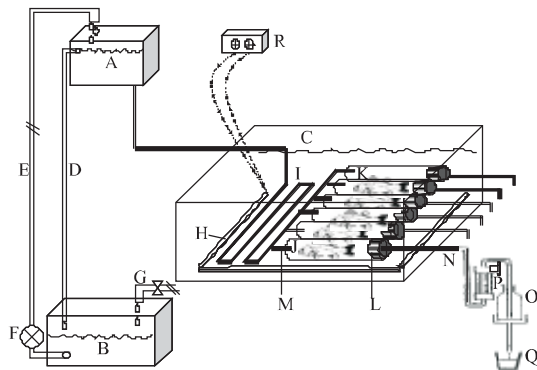


图 1 自制流水式密闭呼吸仪

A: 高位恒压水箱; B: 蓄水槽; C: 恒温水浴槽; D: 溢流管; E: 送水管; F: 水泵; G: 补水; H: 加热棒; I: 回形热交换管; J: 呼吸室; K: 空白呼吸室; L: 密封盖; M: 进水管; N: 出水管; O: 溶氧水样瓶; P: 节流阀和流量计; Q: 氨氮集水杯; R: 恒温控制仪

Fig. 1 Self-made instrument of close respiration

A: High-order constant pressure water tank; B: Reservoir; C: Conatant-temperature water tank; D: Overflow pipe; E: Water pipe; F: Water pump; G: Feedwater pipe; H: Heat excellent; I: Heat exchanger tube; J: Respiratory chamber; K: Blank respiratory chamber; L: Sealed cap; M: Admitting pipe; N: Outlet pipe; O: Water sample bottle of Oxygen; P: Throttle and flowmeter; Q: Collect water cup of ammonia; R: Conatant-temperature controller

1.4 实验设计

将恒温水浴槽分别设定为 10℃、15℃、20℃、25℃和 30℃ 5 个实验温度组。将相应温度驯化的 5 尾饥饿花鲈分别导入 5 个呼吸室中, 1 个空白

对照, 6 个呼吸室同置于一个恒温水浴槽内。保持安静并遮光, 确保实验时鱼不受惊扰, 各呼吸室流量控制在 400 mL/min, 以保证呼吸室中溶氧饱和度 >70%。适应 2 d 后, 每隔 2 h 取水样测定溶解氧和氨氮浓度, 共测定 12 次。实验结束时称鱼体质量, 精确至 0.1 g。

1.5 测定与分析方法

氨氮浓度测定: 用 μ MAC-1000 便携式水质分析仪进行测定。

溶解氧测定: 用 Winkler 碘量法 (国标 GB12763.4) 进行测定。

1.6 相关参数及计算方法

(1) 耗氧率 (OC) 和排氨率 (TAN) 的计算:

$$OC [\text{mg} (\text{O}_2) \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] = (C_1 - C_2) V / W$$

$$TAN [\text{mg} (\text{NH}_4) \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] = (C_2 - C_1) V / W$$

上式中: C_1 为空白呼吸室出水口的溶解氧浓度 (mg/L) 或 NH_4^+ 的浓度 (mg/L); C_2 为同一时刻实验呼吸室出水口的溶解氧浓度 (mg/L) 或 NH_4^+ 的浓度 (mg/L); V 为水流速度 (L/h); W 为鱼体质量 (kg)。

(2) 氨商 (AQ) = 排氨率 / 耗氧率

(3) 蛋白质的供能比例 = $AQ / 0.33 \times 100\%$ [鱼类的代谢能量全部由蛋白质氧化供能时的氨商 (AQ) 为 0.33。]

(4) 温度系数 $Q_{10} = (R_2 / R_1)^{10 / (t_2 - t_1)}$, R_1 和 R_2 分别是 t_1 和 t_2 温度下的耗氧率或排氨率。

1.7 数据统计和分析

数据统计分析采用 SPSS 软件, 采用 Duncan 氏新复极差检验法检验组间差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同温度下饥饿花鲈的排氨率与耗氧率

温度与花鲈排氨率和耗氧率的关系见表 1、表 2 和图 2~4。实验结果显示, 在 10~30℃ 温度下, 饥饿花鲈的排氨率变化为 $[(0.718 \pm 0.080) \sim (6.294 \pm 0.195)] \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 耗氧率变化为 $[(18.412 \pm 1.775) \sim (82.914 \pm 3.855)] \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 排氨率和耗氧率均随温度的升高而升高; 在 24 h 的实验中各温度组的排氨率和耗氧率波动平缓, 相邻温度间无交叉重叠现象, 经 Duncan 多重检验, 两两温度之间差异显著 ($P < 0.05$)。

本实验的温度为 5℃ 等距设计, 由图 2 及图 4 可见, 在 10~25℃ 之间, 排氨率和耗氧率几乎是等距增加, 即温度每上升 5℃ 排氨率约增加 0.8 mg·

kg⁻¹·h⁻¹,耗氧率则增加约 11~14 mg·kg⁻¹·h⁻¹; 但 30 ℃ 组的结果出现了跳跃式增长,其增幅是 25 ℃ 前的 2~3 倍。

经回归分析,排氨率(A_n)与温度之间的关系可用幂函数方程进行较好的拟合(图 3),其拟合方程

为: $A_n=0.009\ 3t^{1.874\ 2}$ ($R^2=0.984\ 1,P<0.01$);耗氧率(O)与温度两者之间也服从幂函数关系(图 5),拟合方程是: $O=0.927\ 6t^{1.298\ 4}$ ($R^2=0.987\ 1,P<0.01$)。比较两方程的幂指数可知,排氨率的指数大于耗氧率的指数,说明温度对排氨率影响大于对耗氧率的影响。

表 1 不同温度下饥饿花鲈的排氨率、耗氧率、氨商及蛋白质供能比例

Tab. 1 Ammonia excretion rate, oxygen consumption rate, AQ (specific dynamic action) values and proportion of energy supply of protein at different temperatures in *Lateolabrax japonica*

$\bar{x}\pm SD$

项目 Item	温度 /℃ Temperature				
	10	15	20	25	30
鱼体质量 /g Fish weight	226.78±8.47	212.57±21.57	240.47±22.67	224.14±14.68	237.81±11.58
排氨率 / (mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) Ammonia Excretion rate	0.718±0.080 ^c	1.541±0.138 ^d	2.367±0.129 ^e	3.435±0.118 ^b	6.294±0.195 ^a
耗氧率 / (mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) Oxygen consumption rate	18.412±.775 ^e	32.719±.948 ^d	43.655±.241 ^c	55.725±.439 ^b	82.914±.855 ^a
氨商 AQ	0.039±0.0018	0.047±0.0018	0.054±0.0027	0.062±0.0024	0.076±0.0035
蛋白质供能比例 /% Proportion of energy supply of protein	11.84	14.27	16.43	18.68	23.00

注:采用 Duncan 氏新复极差检验法; $n=5$,表中上标字母不同表示有显著性差异 ($P<0.05$)。
Note: Duncan's multiple range test; Within a row, values with the same superscript are not significantly different at $P<0.05$.

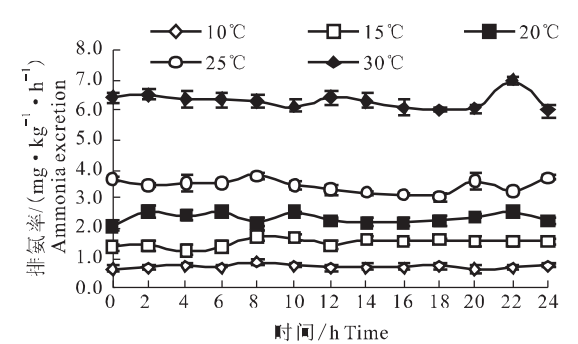


图 2 不同温度下饥饿花鲈的排氨率

Fig.2 Ammonia excretion rate under different temperature of starved *Lateolabrax japonicu*

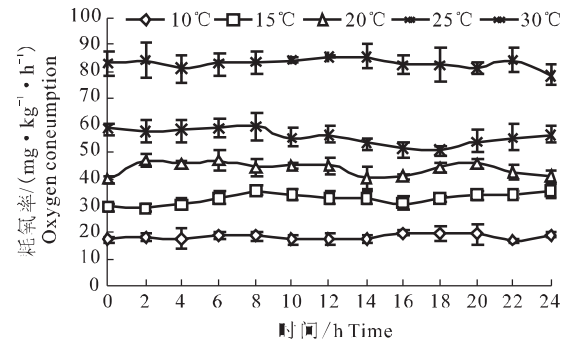


图 4 不同温度下饥饿花鲈的耗氧率

Fig.4 Oxygen consumption rate under different temperature of starved *Lateolabrax japonicu*

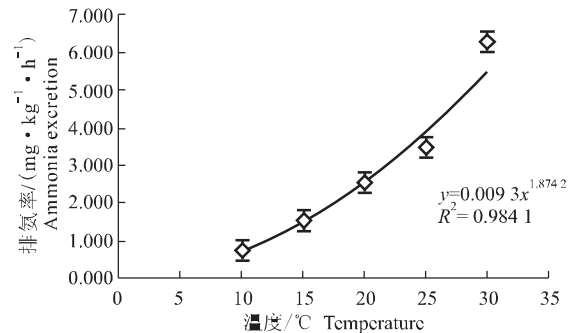


图 3 花鲈平均排氨率与温度的关系

Fig.3 Relationship between average ammonia excretion rate and temperature in *Lateolabrax japonica*

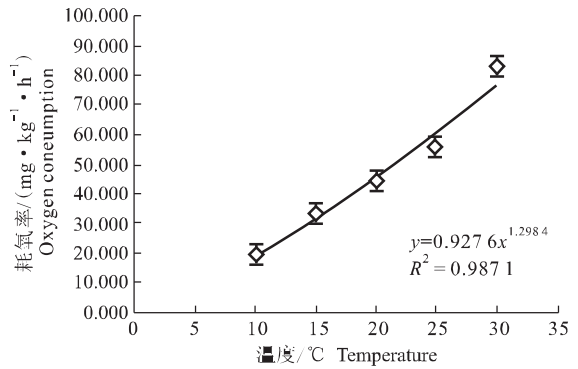


图 5 花鲈平均耗氧率与温度的关系

Fig.5 Relationship between average oxygen consumption rate and temperature in *Lateolabrax japonica*

2.2 温度对饥饿花鲈内源氮排泄及鱼体蛋白质供能的影响

本实验未检测水体中的尿素含量,但根据大多数硬骨鱼类的蛋白质代谢中氨氮占总排泄氮的80%^[12-13]的比例,可以推算出花鲈的日尿素排泄率,从而得到花鲈的内源氮排泄率(ENE)。并由单位湿质量花鲈的蛋白质含量为16.28%,可以推算

出花鲈在不同温度下24 h总排氮量占体蛋白质的比值(表2)。从表1和表2可知,饥饿花鲈的氮商(AQ)随温度的上升而升高,从而导致蛋白质供能比例也由11.84%增加至23.00%;同时,鱼体每天消耗蛋白质所排泄的总氮占鱼体蛋白质的百分比也随着温度的升高迅速增大,日蛋白质消耗量由每天0.063%上升到0.552%。

表2 饥饿花鲈内源氮排泄率的变化
Tab. 2 Excreting rate of endogenous nitrogen of starved *Lateolabrax japonicus*

项目 Item	温度 /℃ Temperature				
	10	15	20	25	30
鱼体质量 /g Fish weight	226.78±8.47	212.57±21.57	240.47±22.67	224.14±14.68	237.81±11.58
排氮率 / (mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) Ammonia excretion rate	0.718±0.080	1.541±0.138	2.367±0.129	3.435±0.118	6.294±0.195
尿素排泄率 / (mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) Urea excretion rate	0.180±0.020	0.385±0.047	0.592±0.032	0.859±0.029	1.574±0.043
平均每尾氮日排泄率 / [mg(N)·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] Average nitrogen excreting rate of each day	3.676	7.396	12.851	17.383	33.794
单位体质量氮日排泄率 / [mg(N)·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] Nitrogen excreting rate of every day of unit weight	16.211	34.793	53.442	77.555	142.106
平均蛋白质含量 / (g·ind ⁻¹) Average protein content	36.468	34.183	38.670	36.044	38.242
日总排氮 / 鱼体蛋白质含氮量 / % Nitrogen excreting of every day/ protein nitrogen content	0.063	0.135	0.208	0.301	0.552

3 讨论

3.1 不同温度下花鲈饥饿代谢的特点

鱼类是变温动物,其生理功能对环境温度具有较高的敏感性,温度通过影响机体代谢水平进而对鱼类排氮率和耗氧率产生显著影响^[11]。研究表明,无论是摄食或是禁食状态的鱼类其排氮率和耗氧率都会随温度的升高而增大^[14-15],这是鱼类对环境温度变化长期适应的一种结果。表1结果表明,花鲈也不例外,处于饥饿状态的花鲈在适温范围内其排氮率和耗氧率的变化完全符合这一普遍规律,且其排氮率在[(0.718±0.080)~(6.294±0.195)]mg·kg⁻¹·h⁻¹之间变化,与张兆琪对牙鲆^[16](*Paralichys olivaceus*)的研究4.11 mg·kg⁻¹·h⁻¹及况莉等对南方鲇^[17](*Silurus nendionalis*)的研究1.83~9.23 mg·kg⁻¹·h⁻¹所得的结果较为接近。

鱼类在饥饿状态下,可调节自身的能量分配以适应食物的缺乏,以蛋白质作为能源的水平保持相

对稳定,因此,如果外界环境条件及鱼类自身生理状态保持不变,其代谢水平无明显变化^[11],图2及图4中各温度组的排氮率和耗氧率证实了这一结论。但饥饿花鲈的排氮率显著低于正常摄食水平,作者研究得到正常摄食花鲈的排氮率为[(1.06±0.13)~(4.84±0.30)]mg·kg⁻¹·h⁻¹,饥饿花鲈的排氮率仅为正常摄食的30%左右。

本实验中,由于温度升高引起有氧代谢加强,蛋白质分解供能的比例增加,从而导致氮排泄率升高。从表1可见,随温度由10℃上升至30℃,高温30℃时的排氮率是低温10℃时的近9倍,而耗氧率增加了大约4.5倍,因此氮商(AQ)仅提高了近1倍,由0.039增至0.076,远小于完全由蛋白质分解供能时的AQ值0.33,因此花鲈在饥饿状态下主要能源物质还是脂肪和碳水化合物,蛋白质供能仅占极少部分。这表明温度的升高使能量需求增大,代谢耗氧也随之升高,但参与供能的蛋白质比例仅由11.84%

上升至 23.00%，提高 1 倍，远不及呼吸供能总底物的增加倍率。这也证明蛋白质氧化对温度虽然具有较高的敏感性，随着温度的升高禁食鱼类其蛋白质氧化供能的比例相应增加，而在饥饿胁迫下鱼类的蛋白质节约机制此时充分发挥了作用。这一研究结果与文献 [17-19] 的研究结论一致：饥饿状态下花鲈的能量消耗主要是由脂肪和碳水化合物提供。

3.2 温度对花鲈饥饿代谢的影响强度

温度系数 Q_{10} 值的变化可以用来探讨温度对代谢的影响强度， Q_{10} 值越高，温度对其影响效应也越大。由表 1 计算得到表 3 的 Q_{10} 值，不难发现，各温度下花鲈排氮率的 Q_{10} 值明显高于耗氧率的 Q_{10} 值，这与 Kieffer^[20] 等发现，虹鳟的氮氮排泄率的 Q_{10}

值在水温 5~15 °C 之间为 1.4~2.9，高于耗氧 Q_{10} 值 1.3~1.5；以及况莉等对南方鲇的研究^[17]，12~17 °C 时，氮氮排泄率的 Q_{10} 值 (2.86) 也高于耗氧 Q_{10} 值 (2.32) 的结果相同，与一般认为的鱼类排氮率比耗氧率对温度具有更高的敏感性相一致。同样表 3 还表明。在 20~25 °C 时， Q_{10} 最小，温度对排氮率和耗氧率的影响程度最小；而 10~15 °C 时， Q_{10} 最大，其影响强度甚至超过了 25~30 °C 的高温段，这印证了花鲈的最适生长温度为 20~25 °C，同时也符合一般鱼类的 Q_{10} 值低温段较高而高温段较低的特点。由于 30 °C 已接近花鲈生存的上限温度，故 Q_{10} 值又有所回升，图 2 和图 4 中 30 °C 时排氮率和耗氧率的跳跃式变化也说明了这一点。

表 3 饥饿状态下花鲈排氮率和耗氧率的 Q_{10} 值比较

Tab. 3 Q_{10} values of ammonia excretion rate and oxygen consumption rate in *Lateolabrax japonicus*

温度 / °C Temperature	排氮率的 Q_{10} Q_{10} values of ammonia excretion rate	耗氧率的 Q_{10} Q_{10} values of oxygen consumption rate
10~15	4.602	3.158
15~20	2.359	1.780
20~25	2.106	1.629
25~30	3.356	2.214

3.3 内源氮排泄率与鱼体蛋白质的消耗关系

Brett 等^[21] 提出的用短期饥饿后的氮排泄近似代表内源氮排泄 (ENE) 的研究方法，被国内一些研究者作为最简单有效的方法所采用。由表 2 可知，花鲈的氮排泄水平为 16.211~142.106 mg (N) · kg⁻¹ · h⁻¹，与线薇薇等^[22] 所得的梭鱼日均氮排泄率 25.32~184.13 mg (N) · kg⁻¹ · h⁻¹ 的结果相当，但明显高于其对褐牙鲈^[23] 的研究结果 10.76~34.64 mg (N) · kg⁻¹ · h⁻¹，这是由于褐牙鲈属于底栖潜伏性鱼类，活动量相对较少，所以内源氮排泄 (ENE) 也较低。而鲈鱼属于凶猛性肉食鱼类，在自然界处于饥饿状态的花鲈需要到处巡游觅食，因此，比褐牙鲈需要消耗更多的能量用于维持生命活动，这种生态上的差异导致生理上代谢水平的差异。花鲈内源氮排泄 (ENE) 占体蛋白质含氮量的比例由 10 °C 时的 0.063% 上升至 30 °C 时的 0.552%，表明蛋白质供能的绝对值随温度升高增加了近 9 倍，亦即鱼体蛋白质的消耗速度提高了 9 倍。由此可以推测：花鲈在低温环境的耐饥能力远远强于高温环境。在养殖生产中，当水温低于 10 °C 以下时，采取较长时间停饲，既节约饲料而又不影响产量的生产措施就是应用了花鲈这一生物学特点。

参考文献:

- [1] 姜志强, 吴立新, 冯昭信, 等. 花鲈人工育苗及当年养成技术研究 [J]. 大连水产学院学报, 2001, 16 (4): 257-261.
- [2] 郑重莺, 郑斌. 鲈鱼肌肉氨基酸含量及组成的分析 [J]. 浙江科技学院学报, 2003, 15: 73-75.
- [3] 张雅芝, 刘卫. 不同饵料对花鲈稚鱼生长发育及存活的影响 [J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2003, 8 (2): 123-129.
- [4] 常青, 梁萌青, 王家林, 等. 花鲈对不同饲料原料的表现消化率 [J]. 水生生物学报, 2005, 29 (2): 172-176.
- [5] 金珊, 王国良, 赵青松, 等. 海水网箱养殖鲈鱼皮肤溃疡病的防治药物 [J]. 台湾海峡, 2000, 19 (2): 233-236.
- [6] 王国良, 金珊, 薛良义, 等. 海水网箱养殖鲈鱼皮肤溃疡病及其病原菌的研究 [J]. 黄渤海海洋, 2000, 18 (3): 85-89.
- [7] 崔奕波, 陈少莲, 王少梅. 温度对草鱼能量收支的影响 [J]. 海洋与湖沼, 1995, 26 (02): 169-174.
- [8] 朱晓鸣, 解绶启, 崔奕波. 摄食水平对异育银鲫生长及能量收支的影响 [J]. 海洋与湖沼, 2000, 31 (05): 471-478.
- [9] 钱云霞, 陈惠群, 孙江飞. 饥饿对养殖鲈鱼血液生理生化指标的影响 [J]. 中国水产科学, 2002, 9 (02): 133-137.
- [10] 朱艺峰, 林霞, 吴望星, 等. 周期性饥饿下花鲈的形态变化与饥饿状态的相对判别分析 [J]. 中国水产科学, 2006, 13 (01):

- 45-51.
- [11] 李治. 营养水平对南方鲇耗氧和氮排泄的影响 [D]. 重庆: 西南师范大学, 2005: 1-58.
- [12] Sayer M D J, Davenport J. The relative importance of the gills to ammonia and urea excretion in four seawater and one freshwater teleost[J]. J Fish Biol, 1987, 31: 561-570.
- [13] Dosdat A, Servais F, Metailler R, et al. Comparison of nitrogenous losses in five teleost fish species[J]. Aquaculture, 1996, 141: 107-127.
- [14] Forsberg J A, R C Summerfelt. Ammonia excretion by fingerling walleyes fed two formulated Diets[J]. Prog Fish-Cult, 1992, 54: 45-48.
- [15] Zakes Z, Karpinski A. Influence of water temperature on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) reared in a recirculating system[J]. Aquacult Res, 1999, 30: 109-114.
- [16] 张兆琪, 张美昭, 李吉清, 等. 牙鲆鱼耗氧率氮排泄率与体重及温度的关系 [J]. 青岛海洋大学学报, 1997, 27(4): 483-489.
- [17] 况莉, 谢小军. 温度对饥饿状态下南方鲇幼鱼氨氮排泄的影响 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2001, 26(1): 45-50.
- [18] 李治, 谢小军, 曹振东. 摄食对南方鲇耗氧和氨氮排泄的影响 [J]. 水生生物学报, 2005, 29(3): 247-252.
- [19] 张波, 谢小军. 南方鲇的饥饿代谢研究 [J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(5): 480-484.
- [20] Kieffer J D, Alsop D, Wood C M. A respirometric analysis of fuel use during aerobic swimming at different temperatures in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. J Exper Biol, 1998, 201: 3123-3133.
- [21] Brett T R, Zala C A. Daily pattern of nitrogen and oxygen consumption of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) under controlled conditions[J]. J Fish Res Board Can, 1975, 32: 2479-2486.
- [22] 线薇薇, 朱鑫华. 梭鱼标准代谢、内源氮排泄与体重和温度的关系 [J]. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 2002, 32(03): 368-374.
- [23] 线薇薇, 朱鑫华. 褐牙鲆内源氮排泄与体重和温度的关系 [J]. 海洋科学集刊, 2002, 44(00): 194-198.

Effects of water temperature on metabolizability of starved *Lateolabrax japonicus*

SHEN Qin, XU Shan-liang, WANG Dan-li, YAN xiao-jun

(College of life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The experiment was conducted to evaluate the effect of water temperature on ammonia excretion rate and oxygen consumption rate of starved *Lateolabrax japonicus* with body weight of (221.7 ± 17.4) g by a self-made closed respiration instrument. At water temperatures of 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C and 30 °C, we analysed the changing regulation of ammonia excretion and oxygen consumption rate, and discussed the proportion of protein which provide energy and endogenous nitrogen excretion (ENE) through analysing AQ (specific dynamic action). The results showed that: (1) Ammonia excretion rate and oxygen consumption rate increased with rising of temperature; the effects of the temperature were significant for both of them ($P < 0.05$). (2) The ammonia excretion rate at 30 °C was about 9 times higher than the ammonia excretion rate at 10 °C. The proportion of endogenous nitrogen excretion (ENE) taking the containing nitrogen of body protein raised from 0.06% (10 °C) to 0.55% (30 °C), which indicated that the absolute value of the protein's energy supply was increased by 9 times with the increasing temperature; the oxygen consumption rate was increased by 4.5 times; the AQ was only increased by 1 time; the proportion of protein participating in energy supply raised from 11.84% to 23.00%. The energy consumption of starved *Lateolabrax japonicus* was mainly offered by fat and carbohydrate. (3) The change of Q_{10} value proved that ammonia excretion rate was more sensitive than oxygen consumption rate to temperature. Q_{10} was minimum at 20-25 °C, and confirmed this temperature was optimum to growth of *Lateolabrax japonicus*. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(3): 500-505]

Key words: *Lateolabrax japonicus*; starvation; temperatures; ammonia excretion rate; oxygen consumption rate; AQ; endogenous nitrogen excretion

Corresponding author: XU Shan-liang. E-mail: xushanliang@nbu.edu.cn