

盐度和 pH 对缢蛏耗氧率及排氨率的影响

范德朋, 潘鲁青, 马 胜, 董双林

(青岛海洋大学 海水养殖教育部重点实验室 山东青岛 266003)

摘 要:缢蛏(*Sinonovacula constricta*)分为壳长约4.0、5.0、6.0 cm 3组。通过实验生态学方法研究缢蛏在不同盐度和 pH 下的耗氧率和排氨率变化规律。结果表明,盐度对缢蛏的耗氧率和排氨率有极显著影响($F > F_{0.01}$),且缢蛏单位体重耗氧率、排氨率随其个体的增大而变小;当盐度为6~30时,缢蛏的耗氧率和排氨率呈1个峰值变化,在盐度22时均达到最大值。pH对缢蛏的耗氧率无显著影响($F < F_{0.05}$),当pH为6~9时,缢蛏的耗氧率变化幅度很小,而在此范围内pH变化对缢蛏的排氨率有极显著的影响($F > F_{0.01}$),此时,缢蛏的排氨率出现1个峰值变化,当pH为8时达到最大值。

关键词:缢蛏;盐度;pH;耗氧率;排氨率

中图分类号:Q959.215.4

文献标识码:A

文章编号:1005-8737(2002)03-0234-05

缢蛏(*Sinonovacula constricta*)是我国重要的经济养殖贝类,营滤食性埋栖生活,通过摄食水中有机悬浮物,可有效改善水质,净化养殖水环境,目前已成为沿海池塘虾、贝生态养殖的主要混养贝类之一^[1-3]。国内外关于贝类呼吸和排泄的研究很多^[4-5],但对埋栖性贝类研究的较少,而有关缢蛏在这方面的研究尚未见报道。本文探讨了盐度和 pH 对缢蛏耗氧率和排氨率的影响,旨在为缢蛏生理生态学研究奠定理论基础,也为缢蛏养殖生产提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

缢蛏于2000年8~10月购自青岛市南山水产品市场,选取活泼无损伤个体,壳长分别为4.0、5.0和6.0 cm左右,数量为实验用量的3~5倍,分3组。用刷子洗去壳表面污物,在水槽中暂养1周,连续充气,每日投喂单胞藻及换水1次,海水温度为22℃,盐度为30, pH 为8.1,实验前3 d移入经脱脂棉

过滤的海水中,停止投饵,暂养备用。

1.2 方法

1.2.1 盐度和 pH 的调节

(1)盐度影响实验 设4个盐度梯度:6、14、22、30,采用向盐度为30的海水中添加淡水的方法调节盐度,日降低盐度值为5。

(2)pH影响实验 设4个pH水平:6、7、8、9,采用1 mol/L的NaOH和1 mol/L的HCl调节海水pH,并以MODEL6071微电脑型酸碱度/温度计测定pH。实验期间各梯度pH变化幅度为 ± 0.2 。

1.2.3 测定方法

当调节盐度和pH至各实验梯度后,再驯化养殖5 d,日投喂单胞藻2次,换水量为1/3。

不同大小的缢蛏个体(壳长)每个处理设3个重复,盐度实验分为A、B、C 3个组,每瓶中放置缢蛏个数分别为A组5个、B组4个、C组3个;pH实验分为D、E、F 3组,D组5个、E组4个、F组3个,实验在3 000 mL的三角烧瓶中进行。缢蛏放入瓶中后,用保鲜膜密封,根据缢蛏个体大小的不同实验持续2~2.5 h,温度保持在22℃。用SJG-203A型溶解氧分析仪测定溶氧(每瓶中溶解氧质量浓度在实验开始前应不低于6.0 mg/L),用次溴酸钠氧化法测水中氨氮浓度。

实验结束后,将缢蛏取出,测其壳长(L_s),取其

收稿日期:2001-08-06.

基金项目:国家重点基础研究项目资助(G1999012011).

作者简介:范德朋(1976-),男,硕士,从事养殖生态学研究。

软体部和壳置于 65 ℃ 干燥箱中烘干至恒重,以 SARTORIUS-BS 110S 电子天平测软体部的干重和壳重,并计算肥满度 $F = (\text{干肉重}/\text{干壳重}) \times 100\%$ 。

2 实验结果

2.1 盐度对缢蛏耗氧率和排氨率的影响

2.1.1 缢蛏的生物学数据

实验结束时,缢蛏的生物学数据见表 1。

2.1.2 盐度对缢蛏耗氧率的影响

盐度对缢蛏耗氧率的影响(表 2)表明,缢蛏单位体重耗氧率随其个体的增大而变小。当盐度在 6~22 时,缢蛏的增加使缢蛏的耗氧率均逐渐升高,在 22 时达到最大值。在盐度 22~30 时,耗氧率呈下降的趋势。

方差分析(ANOVA)结果显示,盐度、干重及盐度和干重的交互作用皆对缢蛏的耗氧率有明显影

响, F 检验的结果表明,影响是极显著的($F > F_{0.01}$)。

2.1.3 盐度对缢蛏排氨率的影响

盐度对缢蛏排氨率的影响(表 2)表明,缢蛏单位体重的排氨率随其个体的增大而变小。当盐度从 6 升高到 22 时,缢蛏的排氨率亦逐渐变大,从 22~30,盐度的继续升高使缢蛏的排氨率变小。

方差分析(ANOVA)结果显示,盐度和干重皆对缢蛏的耗氧率有明显影响, F 检验的结果表明,影响是极显著的($F > F_{0.01}$),而两者的交互作用则对缢蛏的排氨率无显著的影响($F < F_{0.05}$)。

2.1.4 缢蛏耗氧率、排氨率和盐度及干重的关系

随缢蛏个体的变小其 O:N 的比值有逐渐变小的趋势。当盐度在 6~22 时,3 种规格缢蛏的 O:N 随盐度的升高而逐步增大,在 22 达到最大值,然后其值开始变小。

表 1 缢蛏生物学数据

Table 1 Biology data of *S. constricta* after experiment

实验组 Group	壳长/cm Shell length	软体干重/g Tissue weight(dry)	壳重/g Shell weight	F
A	3.9167 ± 0.2658	0.2118 ± 0.0626	0.9723 ± 0.1458	0.2178
B	5.3828 ± 0.2374	0.4637 ± 0.0448	2.2368 ± 0.2880	0.2073
C	6.2492 ± 0.4753	2.0265 ± 0.2684	3.9869 ± 0.7238	0.5083

表 2 盐度对缢蛏耗氧率、排氨率及两者之比(原子数 O:N)的影响

Table 2 Oxygen consumption rates, ammonia excretion rates and their ratio(atomicity O:N) of *S. constricta* under different salinities

盐度 Salinity	Group A			Group B			Group C		
	R_{O_2} ①	R_{Am} ②	O:N③	R_{O_2}	R_{Am}	O:N	R_{O_2}	R_{Am}	O:N
6	0.5099	85.3647	5.97	0.2827	103.9875	2.72	0.1431	74.0242	1.93
14	1.0836	176.3568	6.14	0.6697	147.2827	4.55	0.3528	89.7064	3.93
22	1.3102	227.3725	5.76	0.9046	158.1022	5.72	0.7217	116.4333	6.20
30	1.1827	212.3324	5.57	0.4852	93.65	5.18	0.6557	91.1399	7.19

①缢蛏耗氧率 Oxygen consumption rate/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$),

②缢蛏排氨率 Ammonia excretion rate/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$),

③耗氧率/排氨率 O:N (atomicity).

2.2 pH 对缢蛏耗氧率和排氨率的影响

2.2.1 缢蛏的生物学数据 实验结束时缢蛏的生物学数据见表 3。

2.2.2 pH 对缢蛏耗氧率的影响 pH 对缢蛏耗氧率的影响(表 4)表明,缢蛏单位体重耗氧率随其规格的增大而变小。随 pH 的变化 3 种规格缢蛏的耗

氧率变化幅度很小。

方差分析(ANOVA)结果显示,干重对缢蛏的耗氧率有明显影响, F 检验的结果表明,影响是极显著的($F > F_{0.01}$)。而 pH 及干重和 pH 的交互作用则对缢蛏的耗氧率无显著影响($F < F_{0.05}$)。

表3 缢蛏的生物学数据

Table 3 Biology data of *S. constricta* after experiment

实验组 Group	壳长/cm Shell length	软体干重/g Tissue weight(dry)	壳重/g Shell weight	F
D	3.7766 ± 0.2162	0.2163 ± 0.0552	0.9542 ± 0.0979	0.2267
E	5.2385 ± 0.1447	0.4691 ± 0.0404	2.3340 ± 0.2127	0.2010
F	6.2272 ± 0.4517	1.9521 ± 0.1402	3.8710 ± 0.4998	0.5042

2.2.2 pH对缢蛏排氮率的影响 pH对缢蛏排氮率的影响(表4)表明:缢蛏单位体重的排氮率随其规格的增大而变小。当pH在6~8时,缢蛏的排氮率逐渐变大,从pH=8开始,pH继续升高,缢蛏排氮率变小。表中最小规格缢蛏在pH=6时的排氮率偏大,可能是由于此实验组受到其他不确定因素的影响,实验数据偏大。

方差分析(ANOVA)结果显示:pH、干重和两者

的交互作用皆对缢蛏的排氮率有明显影响,F检验的结果表明,影响是极显著的($F > F_{0.01}$)。

2.2.3 缢蛏耗氧率、排氮率和pH及干重的关系

随缢蛏规格的变小其O:N的比值有逐渐变小的趋势。当pH在6~9时,3种规格缢蛏的O:N比在pH为7~8时较小,而在pH为6和9时其值较大。

表4 不同pH缢蛏耗氧率、排氮率及二者之间的比值(原子数O:N)

Table 4 Oxygen consumption rates, ammonia excretion rates and their ratio(atomicity O:N) in *S. constricta* under different pH

pH	Group D			Group E			Group F		
	R_{O_2} ①	R_{Am} ②	O:N③	R_{O_2}	R_{Am}	O:N	R_{O_2}	R_{Am}	O:N
6	1.1650	161.4286	7.22	0.9253	128.4902	7.20	0.7707	120.3547	6.40
7	1.0813	142.5693	7.58	0.8543	137.9331	6.19	0.7777	136.2097	5.71
8	1.1373	153.0305	7.43	0.9830	141.0021	6.97	0.7824	119.1419	6.57
9	1.5603	122.9196	12.69	0.9822	117.4958	8.36	0.8196	80.3022	10.21

①缢蛏耗氧率 Oxygen consumption rate/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$),

②缢蛏排氮率 Ammonia excretion rate/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$),

③耗氧率/排氮率 O:N (atomicity).

3 讨论

3.1 盐度对缢蛏耗氧率和排氮率的影响

盐度是海水养殖中重要的环境因子,它的变动对养殖贝类的生理代谢具有明显的影响。Navarro^[6]研究发现,当盐度在18~30时,会使*Choromytilus chorus*的耗氧率随盐度的降低而降低,但影响不明显,而且当盐度在15~18时,*C. chorus*会部分或全部关闭贝壳。Shumway等^[7]的研究表明,当外界盐度达到20.1时,*Modiolus demissus*出现贝壳关闭;而在低盐条件下,只要贝壳保持张开,其耗氧率并无明显变化。Djangmah^[8]等的研究结果也表明,*Anadara senilis*在外界盐度达到15.4时会出现贝壳关闭。但在本实验中,除了盐度为6时,部分缢蛏的进水管关闭外,在设定的盐度范围内,作者并未观察到缢蛏贝壳关闭现象,这与Davenport^[9]在研究贻贝(*Mytilus edulis*)时提出的在

低盐环境中只有部分贻贝壳关闭,而进、出水孔则全部关闭,故耗氧率亦随之下降的论点相同。由此作者认为,低盐度的海水使贝类生物体内的渗透压发生改变,进而导致贝类关闭贝壳,将组织与低盐环境相隔离,从而保护机体免受低盐的伤害,这是贝类长期适应自然生活环境而产生的一种生理性保护反应,同时也说明缢蛏是一种广盐且偏低盐的贝类。

实验结果还表明,盐度对缢蛏的呼吸和排泄的影响是极其显著的:当盐度在6~30时,缢蛏的耗氧率和排氮率均逐渐增大并在盐度22时出现峰值,然后开始下降。这一结果同Bouxin^[10]对*Mytilus galloprovincialis*、Davenport等^[9]及Livingston等^[11]对贻贝、Navarro^[6]对*C. chorus*的研究结果相一致。

对于生物研究中的另一指标O:N(用于表示生物体内蛋白质与脂肪、碳水化合物分解代谢的比率),Widdows^[12]认为,尽管尚未证明O:N差异对有机体的生长速率及生长结束时所能达到的个体大

小有直接的影响,但已有诸多迹象表明 O:N 变化与有机体所受到的环境压力是紧密相关的,因而可以将其作为生物体对环境压力适应程度的一项指标。在本实验中,当盐度在 6~22 时,缢蛏的 O:N 随盐度的升高而逐步增大;在 22~30 时,O:N 则随盐度的升高而逐步降低;这说明在所研究的范围内,缢蛏体内脂肪和碳水化合物分解代谢比例在盐度为 22 时最高,而蛋白质的代谢水平则在该盐度水平最低,当处于较低的盐度条件时,缢蛏将加大体内蛋白质的代谢水平。这一结果与 Navarro^[6]对 *C. chorus* 及 Shumway 和 Youngson^[7]对 *Modiolus demissus* 的研究结果相似。作者认为,贝类在最适盐度条件下,由于体内外的渗透压处于平衡状态,故只需消耗较少的能量便可维持体内环境的稳定;而当盐度低于或高于其适宜范围时,则要通过改变代谢状况,即消耗过多的能量,来调节体内的渗透压以适应外界环境盐度的变化。

3.2 pH 对缢蛏耗氧率和排氮率的影响

Harris 等^[13]研究发现,当 pH 为 6.08~6.72 时, *Haliotis rubra* 的耗氧率明显低于 pH 8.45 时的耗氧率;Buckingham 等^[14]在研究 *Viviparus contectoides* 时也发现,在 pH 7.1 和 8.9 时,该种贝类的耗氧率会出现 2 个峰值,在这 2 个峰值附近,不论 pH 升高或降低,其耗氧率均变小。但本实验与上述研究结果不一致。在本实验中,当 pH 在 6~9 时,缢蛏的耗氧率变化并不明显,这能否说明缢蛏对 pH 的适应性较强,还有待于进一步研究。

Harris 等^[13]在研究中还发现, *Haliotis laevigata* 在 pH 为 7.39 时、*H. rubra* 在 pH 为 7.37 和 9.02 时,它们的生长率均下降 50%。Bamber^[15, 16]通过对 *Ostrea edulis*、*C. gigas*、*Mytilus edulis* 和 *Venerupis decussata* 的研究发现,pH 低于 7 时,贝类的死亡率增加,壳长、增长率和组织增重率均下降,有机体的摄食活力亦明显下降,因此认为低 pH 对贝类的生理代谢有明显的不良影响。本实验中,当 pH 在 6~9 时,缢蛏的 O:N 值于 pH 为 8 时最小,而在 pH 为 6 和 9 时较大,这说明当 pH 在 8 附近变动时,缢蛏体内蛋白质的代谢水平最低,脂肪和碳水化合物分解代谢的比例最大;而在 pH 为 6 和 9 时,缢蛏增大了蛋白质的代谢比例。由此可见 pH 在 8 附近是适合缢蛏生活的范围,当其下降到 6 或升高到 9 时,缢蛏会表现出不适应,将通过改变代谢状况,消耗较多的能量以适应外界环境。

实验结果说明,盐度与 pH 是影响缢蛏呼吸和排泄的重要环境因子,当盐度在 6~30 时,缢蛏的耗氧率和排氮率均逐渐增大并在盐度 22 时出现峰值,然后开始下降;当 pH 为 6~9 时,虽然缢蛏的耗氧率变化并不明显,但从 O:N 分析,pH 在 8 时其排氮率较大,是适合缢蛏生活的 pH 范围。因此在养殖环境中保持盐度在 22 左右,pH 为 8,不仅可使缢蛏以消耗较少的能量来适应外界环境,显著提高缢蛏的成活率和增长率,有效提高缢蛏的产量,而且由于在与对虾混养的生态养殖系统中,缢蛏属于埋栖型贝类,能将底质中的残饵、有机悬浮物等重悬浮加以利用,减少底质中有机物的含量,有效的改善水质,可为最终提高对虾产量,取得较好的生态效益和生产效益提供良好的保证。但有关缢蛏作为埋栖贝类对养殖环境中水质和底质的具体净化作用机制尚待进一步研究。

参考文献:

- [1] 王吉桥,李德尚,董双林,等.中国对虾与缢蛏投饵混养的实验研究[J].大连水产学院学报,1999,14(1):9~15.
- [2] 刘祖祥.对虾缢蛏混养技术的研究[J].海洋科学,1989,3:70.
- [3] 吴奕.对虾与缢蛏混养技术[J].科学养鱼,1997,19:16.
- [4] 郝亚威,杨小龙,毛兴华.海湾扇贝呼吸的研究[J].黄渤海海洋,1993,11(1):37~43.
- [5] 王如才,王昭萍,张建中,等.海水贝类养殖学[M].青岛:青岛海洋大学出版社,1993.244~247.
- [6] Navarro J M. The effects of salinity on the physiological ecology of *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia: Mytilidae) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1988, 122: 19~33.
- [7] Shumway S E. Oxygen consumption in oysters; an overview [J]. Mar Biol Lett, 1982, 3: 1~23.
- [8] Djangmah J S, Shumway S E, Davenport J. Effects of fluctuating salinity on the behaviour of the west African blood clam *Anadara senilis* and on the osmotic pressure and ionic concentrations of the haemolymph [J]. Mar Biol, 1979, 50: 209~213.
- [9] Davenport J, Fletcher J S. The effects of simulated estuarine mantle cavity conditions upon the activity of the frontal gill of *Mytilus edulis* [J]. J Mar Biol Ass U. K, 1978, 58: 671~681.
- [10] Bouxin H. Influence des variations rapides de la salinité sur la consommation d'oxygène chez *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) [J]. Bull Inst Oceanogr, 1931, 569: 1~11.
- [11] Livingston D R, Widdows J, Fieth P. Aspects of nitrogen metabolism of the common mussel *Mytilus edulis*: adaptation to abrupt and fluctuating changes in salinity [J]. Mar Biol, 1979, 53: 41~55.
- [12] Widdows J. Physiological indices of stress in *Mytilus edulis* [J]. J Mar Biol Ass U. K, 1978, 58: 125~142.
- [13] Harris J O, Maguire G B, Edwards S J, et al. Effect of pH on

- growth rate, oxygen consumption rate, and histopathology of gill and kidney tissue for juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevigata* Donovan and blacklip abalone, *Haliotis rubra* Leach[J]. J Shellfish Res, 1999, 18(2):611-619.
- [14] Buckingham M J, Freed D J. Effects of temperature and pH on the oxygen consumption in the prosobranch snail *Viviparus contectoides* (Mollusca: Gastropoda) - II [J]. Comp Biochem Physiol, 1976, 53A: 249-252.
- [15] Bamber R N. The effects of acidic seawater on young carpet-shell clams *Venerupis decussata* (L.) (Mollusca: Veneracea) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1987, 108:241-260.
- [16] Bamber R N. The effects of acidic seawater on three species of lamellibranch mollusk [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1990, 143:181-191.

Effects of salinity and pH on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate in *Sinonovacula constricta*

FAN De-peng, PAN Lu-qing, MA Sheng, DONG Shuang-lin
(The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education,
Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003, China)

Abstract: Individuals *Sinonovacula constricta* were placed in sea water with salinity gradients at 30, 22, 14 and 6, pH 8, water temperature 22 °C; meanwhile, another treatment was conducted with pH gradients at 6, 7, 8 and 9, respectively, salinity 30, water temperature 22 °C. The salinity reducing rate was 5/d and the pH rising rate was 0.2/d. The effects of salinity on oxygen consumption rate (R_{O_2}) and ammonia excretion rate (R_{Am}) in *S. constricta* are extremely significant ($F > F_{0.01}$) and when salinity changes from 6 to 30, there is a peak value for both R_{O_2} and R_{Am} ($1.3102 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $227.3725 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, shell length $(3.9167 \pm 0.2658) \text{ cm}$) at salinity 22. However, the effects of pH on R_{Am} are not significant ($F < F_{0.05}$) that the R_{Am} changes a little at the pH range of 6-9. But at this pH range, the R_{O_2} has significant effects on R_{Am} of *S. constricta* that at pH 8 the R_{Am} gets its peak ($153.0305 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, shell length $(3.7766 \pm 0.2162) \text{ cm}$). Thus, salinity and pH are important environment factors for the respiration and extraction of *S. constricta* and at pH 8 and salinity 22 or so, *S. constricta* can grow well without exhausting much energy and can make use of the organic matters and diet remnants in the sediments.

Key words: *Sinonovacula constricta*; salinity; pH; oxygen consumption rate; ammonia extraction rate

欢迎订阅 2003 年《科学养鱼》杂志

有奖征订 ★★★ 邮发代号:28-154

《科学养鱼》由中国水产学会、农业部全国水产技术推广总站、中国水产科学研究院淡水渔业研究中心主办,内容涵盖所有水产养殖品种,是广大水产产业者的良师益友。本刊为国际标准大16开本,每月10日出版发行,每期定价4.00元,全年价48元。

《科学养鱼》全面报道养殖热点,及时传播实用技术,率先发布市场信息,竭诚提供优质服务。为回报读者多年来对《科学养鱼》杂志的支持,我刊2003年举办有奖征订活动(奖金总额20000元,详情请来函索取),活动截止日期为2003年2月28日。地址:江苏无锡市宝界桥《科学养鱼》杂志社,电话:0510-5550198 5555133,邮编:214081。