

淡水育珠蚌对浮游藻类最佳需求量的研究

罗丹婷¹ 杨品红^{1,2,3*} 骆贞耀¹ 徐成丞¹ 石彭灵¹ 徐黎明^{2,3} 谢春华^{2,3}

1.环洞庭湖水产健康养殖与加工湖南省重点实验室/动物学湖南省高校重点实验室/

湖南文理学院生命与环境科学学院,湖南常德 415000;

2.大湖水殖股份有限公司,湖南常德 415000;3.湖南省水产工程技术研究中心,湖南常德 415000

摘要 为获得三角帆蚌育珠蚌与养殖水体中浮游藻类量最佳需求关系,设计不同梯度的水体透明度,用围隔法圈围 10 个面积为 100 m² 的水域作为试验点,2 个围栏为 1 组,共设 5 个透明度梯度,每个围栏吊养 120 只育珠蚌;通过人工投入饵、肥,维持每个围栏水体的透明度尽量接近试验设计值;定期测定水体中透明度、pH 值、溶氧、藻类量等指标,统计分析不同水体透明度情况下的 2⁺~3⁺(2~3 龄)育珠蚌产珠能力与藻密度、湿重等之间的关系。结果显示:在水体透明度 40.3 cm,藻密度 18.58 万个/mL、湿重 181.73 mg/L 时,2⁺ 育珠蚌有较好的产珠量;在水体透明度 41.2 cm,藻密度 20.40 万个/mL、湿重 194.48 mg/L 时,3⁺ 育珠蚌有较好的产珠量;此时,每只蚌所需人工投入饵、肥料费用为 0.48 元。

关键词 育珠蚌;藻密度与湿重;水体透明度;产珠能力

中国作为世界上最大的淡水珍珠主产国,近 30 年来淡水珍珠产量一直居世界首位,占世界珍珠总产量的 95%以上^[1-2]。单只蚌产珠量也由 20 世纪 80 年代初的 3~5 g/只,提高到现在的 25~35 g/只;优级珠的比例由不到 10%,提高到 50%以上^[3-5]。湖南作为我国淡水珍珠的主产区之一,拥有得天独厚的生物资源、水资源和环境资源,淡水珍珠产量高、质量优,并一直倍受推崇^[3,6-8]。

初步调查发现,正常情况下,水体肥度大,蚌生长迅速、珠质分泌速度快,而水体越瘦,藻类量越小,蚌生长速度慢,珠质分泌速度慢。即养殖于水体透明度较小的育珠蚌,其珍珠产量较高,且育珠蚌养殖密度低,其所产珍珠颗粒大。其原因是育珠蚌需要足够的饵料生物量来维持其生长与珠质分泌,即该养殖水体能为育珠蚌提供饵料生物量的能力,

是保证育珠蚌生长与珠质分泌的必要条件之一^[7-9]。关于育珠蚌种质、养殖水体水质、鱼珠混养及育珠蚌水体理化及浮游生物群落变化等的研究,已有较多的报道^[10-20]。但迄今少见育珠蚌对浮游藻类最佳需求密度的相关研究与报道^[21],故本试验采用洞庭湖所产的淡水珍珠育珠蚌——三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)的育珠蚌作为研究对象,研究其生产珍珠的能力与水体中的浮游生物(藻类)之间的关系,欲为淡水珍珠养殖提供新的理论依据与重要保证。

1 材料与方法

1)试验材料。试验用三角帆蚌为 2⁺~3⁺ 怀珠母蚌,采自益阳市大通湖区的养殖水体,无病无伤,生长正常。

收稿日期:2016-11-23

基金项目:湖南省 2011 协同创新中心计划“水产健康生产(20140A05)”；湖南省水产院士工作站“淡水珍珠高效养殖技术(201302)”；国家淡水渔业工程技术研究中心湖南中心“珍珠与水环境关系研究(201305)”；教育部农科教合作人才培养基地“珍珠养殖示范(20140102)”；湖南省高校科技创新团队“水生生物资源与利用(2011A204)”；湖南省动物学重点建设学科“水生动物资源与利用(2011B0201)”

* 通讯作者

罗丹婷,女,1995 年生,生物科学专业在读本科生。

表 1 试验围内鱼种放养量

鱼种	鳊	草鱼	鲤	鲫	鲢	鳙	合计
规格/(g/尾)	50±5	250±20	50±5	50±5	150±15	210±15	-
数量/尾	20	57	10	55	7	9	158
重量/kg	1.00	14.25	0.50	2.75	1.09	1.89	21.48

2) 试验方法。采用围隔法^[12-13]设定试验区:即在同一水域选择条件一致的地域,水深约 2 m,用纤维布围成 10 个面积为 10 m×10 m 的围隔,分成 5 组,标记为 I 组、II 组、III 组、IV 组、V 组。每个围隔吊养 2+~3+ 三角帆蚌怀珠母蚌各 60 只,共 120 只,即每 666.67 m² 吊养育珠蚌总量为 800 只,用网袋吊养,每袋 10 只。围内均套养相同数量与规格的鳊、鲢、鳙、草鱼、鲤、鲫(表 1)。

3) 养殖管理。2015 年 5 月 3 日 -10 月 15 日,在放养怀珠母蚌前,通过人工调节保持水质基本一致;放养后第 4 天开始,进行少量多次人工投入饵、肥调节水质^[9,17-18]。方法:通过施种类相同,但投入比例及数量不同的饵、肥,7 d 左右把水体调成与表 2 中相关数据大体一致。其饵、肥种类包括:复合肥、过磷酸钙、尿素、鸡屎、菜粕、豆粕,且每次施入饵、肥的种类、比例以及用量依具体情况而定。

4) 指标测定。藻类湿重的测定:试验过程中,每月取上、中、下层混合水样 2 次,采用叶绿素测定方法,再进行换算。方法:取 10 mL 水样,加入丙酮:无水乙醇=2:1 配制成的提取液 2 mL,充分摇匀,再取上述液 1 mL,在 721 分光光度计用 645 m 的波长,分别测定其吸光度 D 值(D₆₄₅),然后换算成藻类的湿重(W=0.132D)^[22]。

藻类密度的测定:在取藻类湿重测定样的同时,再采 100 mL 相同的水样固定,静置 24 h 后,浓缩、显微镜检并计数^[22]。

产珠量与质量分析:本试验前 2、3 龄各取 50 只蚌,试验完成后取其每组所有试验蚌,剖蚌取珠计质计重。

5) 统计分析。根据实际投入成本与珍珠现行价格进行统计分析,采用 Excel 和 SPSS 12.0 处理数据与图表^[23]。并进行相应的拟合回归,求得其相关度;而图表中所示的数据均为平均值。

2 结果

1) 饵、肥实际投入。透明度是判断养殖水体藻类多寡的最直观的指标,采用人为控制透明度的

方法控制水体中的藻量。当某一试验围隔水体达不到预想(表 2)中的透明度时,就进行人工补充肥或饵。试验全过程中实际投入饵、肥量与成本统计见表 3,可见不同组别人工投入的饵、肥量及成本均不同。

表 2 试验水体人为设定参数

组号	I	II	III	IV	V
透明度/cm	20	35	50	70	85
藻量/(mg/L)	300	100	30	10	5
藻密度/(万个/mL)	30	12	5	0.5	0.1

表 3 试验实际投入次数与肥料、饲料量

组号	I	II	III	IV	V
投入次数/次	19	15	12	10	8
投入量/kg	75.1	61.6	51.3	38.0	21.5
折合金额/元	64.77	53.53	41.25	36.22	20.17
平均成本/(元/只)	0.54	0.45	0.34	0.30	0.17

2) 人工投入与透明度、藻量。由图 1 可见,在相同养殖方式下,饵、肥投入量越大,其透明度越低;饵、肥投入量越小,其透明度越高;但饵、肥投入量越大,其藻类密度与重量越大。以每 100 m² 饵肥投入量计,直线拟合回归得:透明度与饵、肥投入: $t=0.000 8 q^2-0.737 6q+78.985, R^2=0.982 1$;藻湿重与饵、肥投入: $w=0.011 6 q^2-1.650 5 q+57.483, R^2=0.979 7$;藻密度与饵、肥投入: $d=0.009 6 q^2-1.445 3 q+53.698, R^2=0.993 7$ 。式中:t——透明度,cm;w——藻湿重,10 mg/L;d——藻密度,万个/mL;q——单位面积投入,元/100 m²。由上述式可得:每 100 m² 水体增加 100 元的投入,透明度下降 13.2 cm,藻湿重增加 84.33 mg/L,藻密度增加 5.17 万个/mL。

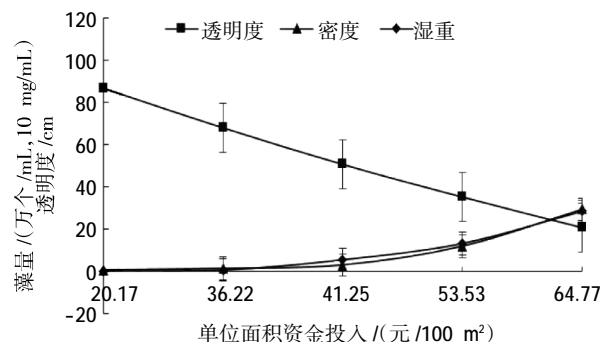


图 1 透明度、藻量与单位面积饵、肥资金投入关系

3)透明度与浮游藻类的生物量。试验期间实测得透明度与藻密度、湿重结果(图 1)。从图 1 中可见,透明度与藻密度与湿重密切相关,透明度越低,其藻量或大;反之,藻量越少,水体透明度越高。并对相关数据进行拟合回归得方程:

透明度与藻湿重: $t=227\ 252w^{-2.872}, R^2=0.979\ 5$; 透明度与藻密度: $t=500\ 000d^{-3.743}, R^2=0.886\ 2$; 藻湿重与藻密度: $w=1.019\ 9d-0.600\ 4, R^2=0.985\ 8$ 。式中: t ——透明度, cm; w ——藻湿重, 10 mg/L; d ——藻密度, 万个 /mL。可见藻密度与透明度成指数关系。

4)pH 值、透明度及溶氧量与产珠量。从图 3~5 的图形及对应的数据可以看出, 育珠蚌的产珠量与透明度存在一定的相关度, 但与 pH 值、溶氧量之间相关度较差, 根据线性特点对产珠量与透明度做二元一次拟合回归得: 2^+ 珠蚌产珠量, $P_2=-0.002\ 9t^2+0.233\ 7t+$

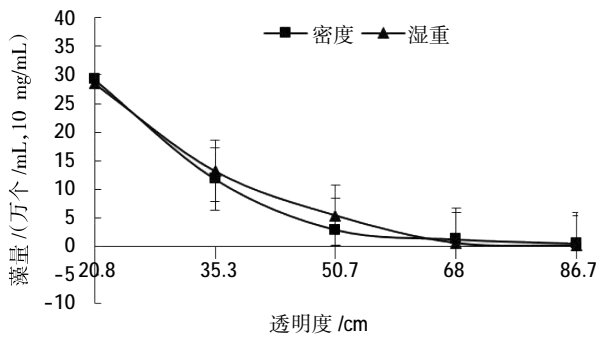


图 2 藻量与透明度的关系

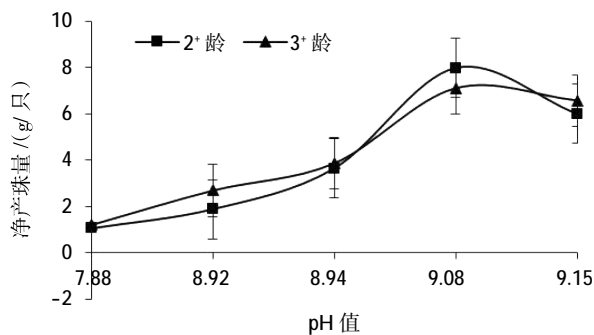


图 3 产珠量与 pH 值的关系

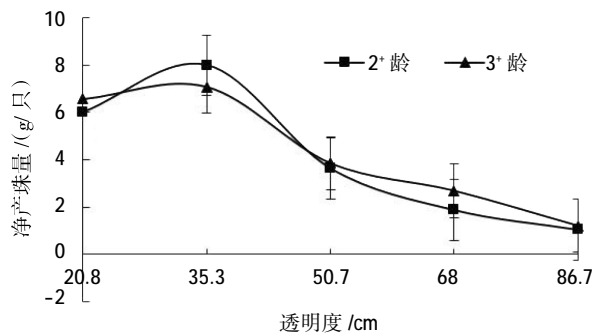


图 4 产珠量与透明度的关系

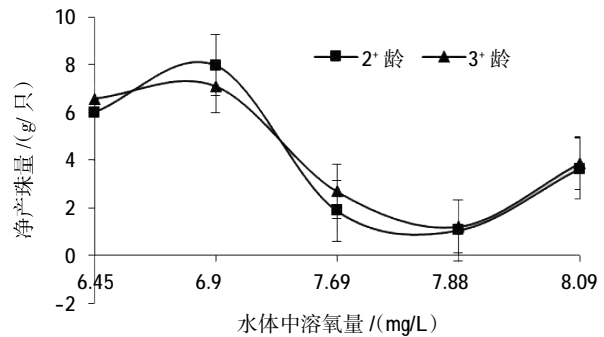


图 5 产珠量与溶氧量的关系

$1.109\ 3, R^2=0.651\ 5$; 3^+ 珠蚌产珠量, $P_3=-0.002\ 8t^2+0.230\ 5t+1.145\ 2, R^2=0.699\ 4$ 。式中: t ——透明度, cm; P_2 —— 2^+ 珠蚌产珠量, g/只; P_3 —— 3^+ 珠蚌产珠量, g/只。即当透明度分别达 40.3 cm 和 41.2 cm 时, 有最佳产珠量。其中 2^+ 蚌产珠达 7.05 g/只, 3^+ 蚌产珠达 5.89 g/只。

5)藻类量及产珠量。从图 6~7 中可见, 无论 2^+ 还是 3^+ 育珠蚌的产珠量与藻密度和湿重都具有较好的相关性, 但并不成正比关系。对其试验数据通过一元二次方程拟合回归得: 2^+ 珠蚌净增产珠量与藻密度和湿重的关系。

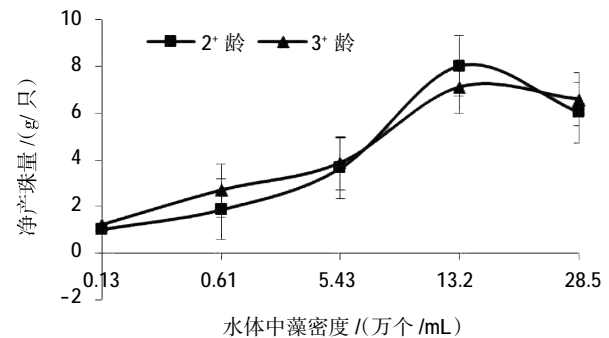


图 6 产珠量与藻类密度的关系

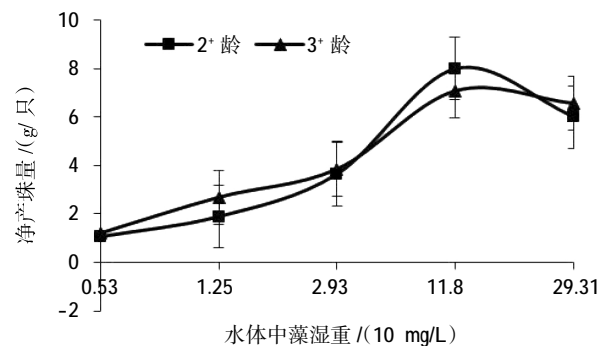


图 7 产珠量与藻类湿重的关系

$P_2=-0.020\ 6d^2+0.765\ 6d+0.962\ 5, R^2=0.962\ 9$; $P_2=-0.025\ 2w^2+0.915\ 9w+0.806\ 6, R^2=0.993\ 9$ 。 3^+ 珠蚌净增产珠量与藻密度和湿重的关系: $P_3=0.014\ 4d^2+0.587\ 6d+1.594\ 9, R^2=0.957\ 3$; $P_3=-0.018\ 1w^2+0.704\ 0w+$

1.491 4, $R^2=0.968 8$ 。式中: d ——藻密度,万个 /mL; w ——藻湿重,10 mg/L; P_2 ——2⁺ 珠蚌产珠量,g/ 只; P_3 ——3⁺ 珠蚌产珠量,g/ 只。从以上方程中求得:当藻量达到 18.58 万个 /mL、181.73 mg/L 时,2⁺ 珠蚌有最大产珠能力,当龄产珠可达 8.07 ~ 9.13 g/ 只;当藻量达到 20.40 万个 /mL、194.48 mg/L 时,3⁺ 珠蚌有最大产珠能力,当龄产珠可达 7.59 ~ 8.34/ 只。

6)成本投入与产珠量。从图 6 中可以看出,在一定适度范围内,投入量越大,珍珠的产量越高,但一旦投入超过某一阈值,其效果相反。并可看出:在现有吊养密度 800 只 /666.67 m² 情况下,每只蚌的投入资金约为 0.48 元 / 只时,2⁺、3⁺ 育珠蚌均有较好的产珠量。对图中数据进行拟合回归可得: $P_2=-1 042.1e_2^3+1 083.4e_2^2-326.18e_2+30.312, R^2=0.999 8$; $P_3=-574.3e_3^3+595.28e_3^2-171.37e_3+15.966, R^2=0.999 5$ 。式中: P_2 ——2⁺ 珠蚌产珠量,g/ 只; P_3 ——3⁺ 珠蚌产珠量,g/ 只; e_2 ——2⁺ 珠蚌投入成本,元 / 只; e_3 ——3⁺ 珠蚌投入成本,元 / 只。即育珠蚌的产珠量与人工投入量成一元三次方的关系。

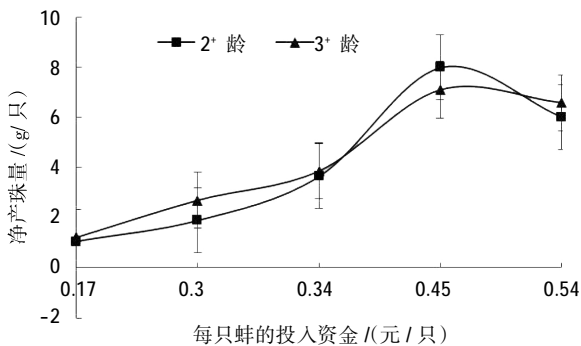


图 8 产珠量与人工投入饵、肥资金的关系

3 讨论

1) 用透明度来设计育珠蚌对藻类的需求量试验具有较好的操作性。河蚌(育珠蚌)是以滤食水体中的浮游生物为食,水体中饵料生物量的大小是直接影响了河蚌生长的重要因素之一,而育珠水体中的饵料生物量的多寡可以通过人工投入饵、肥来控制^[12-14]。大量的实践证明:水体越肥,即透明度越低,水体中浮游生物含量越高^[9,15-17]。即在正常情况下,透明度是最直观反映水体中饵料生物多寡的重要指标。本次试验得到透明度与藻类湿重的关系式: $t=227 252 w^{-2872}, R^2=0.979 5$;透明度与藻类密度的关系式: $t=500 000 d^{-3743}, R^2=0.886 2$ 。与前述参考文献中的研究结果和结论基本一致。因此,本研究运用透明度来设定此次试

验方案,具有较好的可靠性和操作性。

2) 适度的藻类量是提高育珠蚌产珠能力的关键因子。本次试验采用相同的育珠蚌吊养密度的条件,进行育珠蚌对浮游藻类最佳需求量的探讨,也是依据其浮游藻类密度、湿重与育珠蚌生长关系密切而进行的^[9,13,15,17]。统计分析得到 2⁺ 珠蚌产珠量与藻密度的关系式: $P_2=-0.020 6d^2+0.765 6d+0.962 5, R^2=0.962 9$; 3⁺ 珠蚌产珠量与藻密度关系式: $P_3=0.014 4d^2+0.587 6d+1.594 9, R^2=0.957 3$; 2⁺ 珠蚌产珠量与藻湿重关系式: $P_2=-0.025 2w^2+0.915 9w+0.806 6, R^2=0.993 9$; 3⁺ 珠蚌产珠量与藻湿重关系式: $P_3=-0.018 1w^2+0.704 0w+1.491 4, R^2=0.968 8$ 。从以上关系式可以看出,藻类密度、藻类湿重与产珠量存在一定的线性关系,但并不是简单的直线关系,更不是藻类量越多越好。试验表明:当藻量超过 18.58 万个 /mL、181.73mg/L 时,2⁺ 珠蚌产珠能力反而下降;当藻类量超过 20.40 万个 /mL、194.48 mg/L 时,3⁺ 珠蚌产珠能力下降。因此,适度的藻类量才是保证育珠蚌正常生长的先决条件,这与周小玉^[13]、金芳芳^[18]、王晓艳^[21]等研究的结果基本一致。即再一次证实育珠蚌产珠能力不仅受水体中饵料生物量(藻类量)的影响,而且饵料生物量是影响育珠蚌产珠能力的关键因子。因此,生产实践中,在相同饵料生物量(藻类量)的情况下,适度控制育珠蚌的吊养量是提高其产珠能力的关键所在。

3) 适度范围内的 pH 值、溶氧量对育珠蚌产珠量无规律性影响。水体中的 pH 值、溶氧量是影响水生生物生长发育与生存的重要因素之一^[4,15,18,24]。三角帆蚌是水生动物,pH 值、溶氧量同样对其影响巨大^[12,13,18,21]。但本次试验结果似乎与上述结论不一致,其原因是:本次试验过程中较好地控制了水体中 pH 值和溶氧量;每月 2 次的测定结果表明:其 pH 值为 7.5 ~ 10.3,平均为 7.88 ~ 9.15;溶氧量为 5.95 ~ 9.12 mg/L,平均为 6.45 ~ 8.09 mg/L。且两者从未低于国家渔业用水标准最低值(pH 6.5、Do 5.0 mg/L)和最高值(pH 10.5、Do 无要求)。因此,控制好育珠蚌养殖水体中的 pH 值、溶氧量在适度范围,同样是保证淡水育珠成功的又一重要条件。且本试验研究结果与同行研究者所得的结论并无冲突^[16,17,21]。

4) 合理的人工投入是保证珍珠养殖效益的重要手段。人工饵、肥投入是保证水体中有丰富饵料来源的基础,也为珍珠蚌的生长提供可靠的食物来

源,保证了育珠蚌正常生长所需的能量来源^[18,24]。但育珠蚌所需的饵料生物也是有一定限量的,生物量过多就会造成育珠蚌的饵料过剩。藻类生长与成活都有周期性,过剩的藻类因未被育珠蚌利用就会老化死亡,死亡的藻类又会造成水体恶化^[24]。因此,在适宜范围内,育珠蚌的产珠能力与投入成正相关,但投入超过某一阈值时,育珠蚌的产珠能力反而下降^[10,20,21]。本试验表明:在吊养密度 800 只/666.67 m² 情况下,每只蚌的投入资金约为 0.48 元时,2⁺、3⁺ 育珠蚌均有较好的产珠量。用 Excel 和 SPSS 12.0 计算^[23],不符合一元二次方程,但符合一元三次方程。可见,要使育珠蚌获得最佳的育珠能力,如何进行人工投入还得做进一步的多因子试验研究。

4 结 论

该试验研究发现,淡水珍珠养殖过程中,育珠蚌的生长及珠质的分泌能力与水体中的藻类密度密切相关,且在一定范围内,与人工投入成正相关。在小面积围隔养殖条件下,按本试验搭配鱼种规格和数量、育珠蚌吊养密度为 800 只/666.67 m²,每只育珠蚌的投入为 0.48 元,保持水体透明度 40.3 cm,藻量 18.58 万个/mL、湿重 181.73 mg/L 时,2⁺ 育珠蚌有最强产珠能力;保持水体透明度 41.2 cm,藻量 20.40 万个/mL、湿重 194.48 mg/L 时,3⁺ 育珠蚌有最强产珠能力。

参 考 文 献

- [1] 杨品红,李梦军,吴维新,等.我国淡水珍珠产业面临的问题、发展趋势及对策[J].常德师范学院学报(自然科学版),2003,15(4):32-34,63.
- [2] 杨品红,李梦军,张倩,等.湖南淡水珍珠产业化发展构想[J].淡水渔业,2005,35(A1):144-146.
- [3] 张根芳,刘其根,方爱萍,等.育珠期三角帆蚌的生长及其与珍珠增长的关系[J].水产学报,2008,32(6):922-929.
- [4] 杨品红,李祖军,何望,等.中外淡水珍珠快速育成新技术[M].沅江:内陆水产杂志社,1994.
- [5] 杨品红,于杨,李梦军,等.洞庭湖区淡水珍珠养殖环境经济学研究[J].安徽农业科学,2010,38(28):15803-15805.
- [6] 杨品红,杨武冬,王晓艳.洞庭湖区三角帆蚌染色体及核型研究[J].湖南文理学院学报(自然科学版),2008,20(1):64-68.
- [7] 杨品红,张倩,李梦军,等.有益复合菌对超大型珍珠育珠水环境和产珠能力的影响[J].渔业现代化,2007,34(4):35-37.
- [8] 张力,杨品红,谢春华,等.超大型珍珠生长、色泽与环境因子的关系研究[J].江西农业大学学报,2005,27(6):905-907.
- [9] 陈学进.淡水无核珍珠养殖技术[J].科学养鱼,2012(7):34-35.
- [10] 徐在宽,葛家春,潘建林,等.三角帆蚌筛选及其产珠量分析[J].渔业现代化,2008,35(3):31-35.
- [11] 郑汉丰,李家乐,袁伟康.三角帆蚌与池蝶蚌杂交繁育初试[J].渔业现代化,2007,34(2):22-24.
- [12] 崔志辉,周小玉,张根芳,等.鲢鳙混养对三角帆蚌生长和养殖水质影响的围隔实验[J].水产学报,2012,36(2):278-284.
- [13] 周小玉,张根芳,刘其根,等.鲢、鳙对三角帆蚌池塘藻类影响的围隔实验[J].水产学报,2011,35(5):729-738.
- [14] 李清清,白志毅,刘晓军,等.三角帆蚌生长性状和内壳色与所产无核珍珠质量的相关性分析[J].水产学报,2015,39(5):1631-1639.
- [15] 杨品红,张胜强,谢春华,等.春夏季三角帆蚌小蚌主要食物组成研究[J].湖南文理学院学报(自然科学版),2005,17(4):28-30,38.
- [16] 谢春华,杨品红,王晓艳,等.育珠池与鱼池主要理化因子昼夜变化规律比较研究[J].湖南文理学院学报(自然科学版),2004,16(3):68-71.
- [17] 杨品红,谢春华,王晓艳,等.超大型珍珠养殖池与鱼池水质昼夜变化规律比较研究[J].水利渔业,2007,27(2):76-79.
- [18] 金芳芳,盛军庆,洪一江,等.不同施肥条件下池蝶蚌养殖池塘季节性浮游植物群落间的差异[J].南昌大学学报(理科版),2013,37(1):88-92.
- [19] 何况,陈浩明,全建安,等.珍珠底筏养殖技术[J].海洋与渔业,2014(1):66-67.
- [20] 谢绍河,梁飞龙,林伟财,等.三角帆蚌和褶纹冠蚌培育附壳造型珍珠的术前处理及养殖模式研究[J].海洋湖沼通报,2012(4):89-95.
- [21] 王晓艳.影响三角帆蚌育珠效果关键因子研究[D].长沙:湖南农业大学,2011.
- [22] 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法[M].北京:科学出版社,1991:340-344.
- [23] 商玉坤.浙江淡水珍珠产业链提升对策研究[D].杭州:浙江大学,2005.
- [24] 赵文.水生生物学[M].北京:中国农业出版社,2005.