

车建锋,王晓辉,肖露阳,等.不同养殖密度对虾夷扇贝生长、耗氧率和排氨率的影响[J].江苏农业科学,2020,48(17):179-183.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.17.035

# 不同养殖密度对虾夷扇贝生长、耗氧率和排氨率的影响

车建锋,王晓辉,肖露阳,卢龙飞,常丽荣,李长青

(威海长青海洋科技股份有限公司/国家海产贝类工程技术研究中心,山东荣成 264300)

**摘要:**为探究不同养殖密度(4、6、8、10、12 个/层)对虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)生长、排氨率和耗氧率的影响,在山东省荣成市桑沟湾海域设计了不同密度虾夷扇贝的养殖试验。结果显示:(1)自试验 40 d 起,4、6、8 个/层虾夷扇贝的壳长和个体质量均>10、12 个/层的壳长和个体质量,且在试验 80 d,8 个/层虾夷扇贝的壳长和个体质量达最大值,分别为(71.72±3.04) mm 和(37.15±7.48) g,高于其他 4 个试验组,其中,8 个/层虾夷扇贝的壳长和个体质量显著高于 12 个/层的相关指标( $P<0.05$ );(2)试验 80 d,8 个/层虾夷扇贝的日均壳高增长量和存活率分别为(0.38±0.07) mm、(89.17±3.15)%,高于 4 个/层和 6 个/层,显著高于 10 个/层和 12 个/层( $P<0.05$ );(3)在室温条件下[(21.0±0.5)℃],不同养殖密度条件下虾夷扇贝的排氨率变化范围为 0.15~0.20 μmol/(g·h),耗氧率为 1.5~2.0 μmol/(g·h),O/N 为 19.40~19.86,各试验组间的差异不显著( $P>0.05$ )。

**关键词:**虾夷扇贝;养殖密度;壳长;个体质量;耗氧率;排氨率

**中图分类号:**S968.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)17-0179-04

虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)隶属于软体动物门(Mollusa),瓣鳃纲(Lamellibranchia),珍珠贝目(Pterioidea),扇贝科(Pectinidae)<sup>[1-2]</sup>。虾夷扇贝是冷水性贝类的一种,主要分布于纬度较高的海区,如俄罗斯萨哈林岛、日本北海道及本州岛北部和朝鲜半岛北部<sup>[3-5]</sup>。虾夷扇贝贝壳大型,壳高可超过 20 mm,其蛋白质含量为 58.20%,粗脂肪含量为 4.56%,灰分含量为 8.66%,水分含量为 14.32%,具有肉质鲜、营养价值高、低脂、蛋白含量高的特性,一直受广大消费者青睐<sup>[6-8]</sup>。

20 世纪 80 年代初虾夷扇贝从日本引进到我国<sup>[9]</sup>,此后,其产量逐年递增,养殖规模逐渐扩大,已在山东、辽宁等沿海形成规模化和产业化养殖,成为我国北方海水养殖的重要贝类品种之一<sup>[10]</sup>。学者们先后研究了温度<sup>[11-12]</sup>、养殖密度<sup>[13]</sup>、摄食种类和摄食量<sup>[14-16]</sup>等因子对虾夷扇贝促熟、产卵、孵化、培育和生长的影响;也有学者以耗氧率和排氨

率作为指标,探究了环境因子对虾夷扇贝生理代谢的影响<sup>[17-20]</sup>,进一步了解虾夷扇贝代谢活动的规律和变化特点。

桑沟湾海域水产资源丰富,生态环境良好,基础生产力高,有利于扇贝养殖业的良好发展,已成为虾夷扇贝的主要养殖地。但近年来,桑沟湾海区也面临着养殖容量过大、养殖布局不合理等问题<sup>[21]</sup>,致使虾夷扇贝规格小、产量低、病害频发,但有关桑沟湾海域虾夷扇贝最适养殖密度的相关研究仍处于空白阶段。因此,本研究拟在山东省荣成市桑沟湾海域开展针对虾夷扇贝不同密度的养殖试验,以探究该海域养殖虾夷扇贝的最适密度,及不同养殖密度条件下虾夷扇贝耗氧率和排氨率的变化情况,为虾夷扇贝在桑沟湾海域的合理和可持续养殖提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2018 年 4 月中旬在荣成市桑沟湾海域(地理位置:37°01'~37°09'N,122°24'~122°35'E)进行,试验所用虾夷扇贝取自威海长青海洋科技股份有限公司。选取壳长、个体质量基本一致的虾夷扇贝作为试验个体,扇贝初始壳长为(42.0±5.3) mm,初始个体质量为(7.0±3.2) g。

试验所用的养殖笼是由塑料网盘(直径 30 cm)

收稿日期:2019-11-28

基金项目:山东省泰山产业领军人才工程高效生态农业创新类项目(编号:LJNY201816);山东省重点研发计划(编号:2016ZDJQ0208)。

作者简介:车建锋(1991—),男,山东威海人,硕士研究生,从事水产养殖方向研究。E-mail:michaelche\_0502@163.com。

通信作者:常丽荣,硕士研究生,从事水产养殖和水产品加工方向研究。E-mail:xs-chengguo@163.com。

及外附的网片(网目 1.0 cm)构成的圆柱型结构,共 10 层,层间距为 12 cm。

## 1.2 虾夷扇贝生长指标测量

试验设计虾夷扇贝的养殖密度分别为 4、6、8、10、12 个/层,每组设 3 个平行试验笼(每个笼 10 层),挂养于桑沟湾海域的同一浮纜上。试验周期为 80 d,在试验 20、40、60、80 d 时,从养殖笼的每层随机挑选 2 个虾夷扇贝,共 20 个,进行壳长、壳宽、个体质量的测量。在试验 80 d,统计养殖笼中虾夷扇贝的存活率<sup>[13]</sup>。

虾夷扇贝的相关系数计算如下:

$$\text{存活率} = S_t / S_0 \times 100\%;$$

$$\text{日均壳高增长量} = (SH_t - SH_0) / t;$$

$$\text{日均个质量增长量} = (BM_t - BM_0) / t;$$

式中: $S_0$  和  $S_t$  分别为初始试验扇贝数(个)和试验结束时扇贝数(个); $SH_0$  和  $SH_t$  分别为初始试验扇贝壳高(mm)和试验结束时扇贝壳高(mm); $BM_0$  和  $BM_t$  分别为初始试验扇贝个体质量(g)和试验结束时扇贝个体质量(g); $t$  为试验天数(d)。

## 1.3 耗氧率和排氨率的测定

在试验 80 d,从不同养殖密度组分别随机挑选 3 只虾夷扇贝放入 2 L 广口瓶中,添满海水后,用保鲜膜密封,试验持续 2 h。每个密度组分别设置 10 个平行和 3 个空白对照,空白组只添加海水。测定方法严格按照《海洋监测规范》进行,溶解氧浓度测定采用 Winker 碘量法,氨氮浓度测定采用次溴酸钠氧化法。测定结束后,将试验扇贝取出并用滤纸吸干表面水分,测量其壳高、壳长、壳宽及个体质量。

耗氧率和排氨率按照如下公式计算:

$$\text{耗氧率}(R_o)[\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{h})] = [(DO_0 - DO_t) \times V] / (m \times t);$$

$$\text{排氨率}(R_N)[\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{h})] = [(N_t - N_0) \times V] / (m \times t)。$$

式中: $DO_0$  和  $DO_t$  分别为试验结束时,空白对照瓶、试验瓶水样溶解氧的含量( $\mu\text{mol/L}$ ); $N_0$  和  $N_t$  分别为试验结束时,空白对照瓶、试验瓶水样  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的含量( $\mu\text{mol/L}$ ); $V$  为瓶中水的体积(L); $m$  为虾夷扇贝湿质量(g); $t$  为试验持续时间(h)。

## 1.4 数据分析

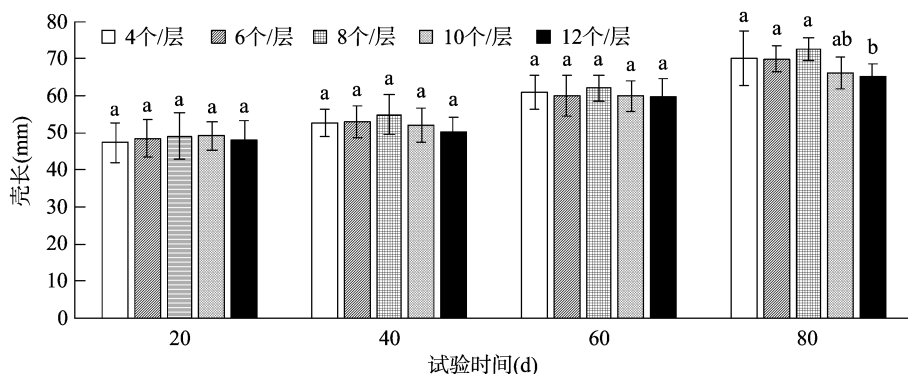
试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行分析比较,采用“平均值 ± 标准误”( $\bar{x} \pm s$ )表示,进行单因素方差分析(One - Way ANOVA)和 Duncan's 多重比较分析, $P < 0.05$  表示差异具统计学意义, $P < 0.01$  表示差异极具统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 养殖密度对虾夷扇贝生长的影响

在试验过程中,虾夷扇贝的壳长变化呈现递增趋势。由图 1 可知,在试验 20 d,各个试验组间的壳长差异不明显,在试验 40 d 至 60 d,8 个/层的壳长要略高于其他试验组,差异不显著( $P > 0.05$ )。试验 80 d,各个试验组的壳长分别为(70.03 ± 7.37)、(69.91 ± 3.53)、(71.72 ± 3.04)、(66.08 ± 4.35)、(65.12 ± 3.56) mm;8 个/层的壳长略高于 4、6 和 10 个/层,显著高于 12 个/层( $P < 0.05$ )。

不同养殖密度对虾夷扇贝个体质量变化的影响见图 2。由图 2 可知,在试验 20 d,各个试验组的个体质量相差不大,自试验 40 d 开始,4、6、8 个/层虾夷扇贝的个体质量均大于 10 个/层和 12 个/层虾夷扇贝的个体质量。在试验 80 d,各个试验组虾夷扇贝个体质量分别为(36.23 ± 9.79)、(35.31 ± 6.20)、(37.15 ± 7.48)、(32.92 ± 6.92)、(30.15 ± 5.15) g,其中 8 个/层虾夷扇贝的个体质量最大,略大于 4、6、10 个/层,差异不显著( $P > 0.05$ );12 个/层虾夷扇贝的个体质量最小,与 8 个/层存在显著差



同一试验时间柱不同小写字母代表有显著差异( $P < 0.05$ )。下图同

图1 不同养殖密度条件下虾夷扇贝壳长的变化情况

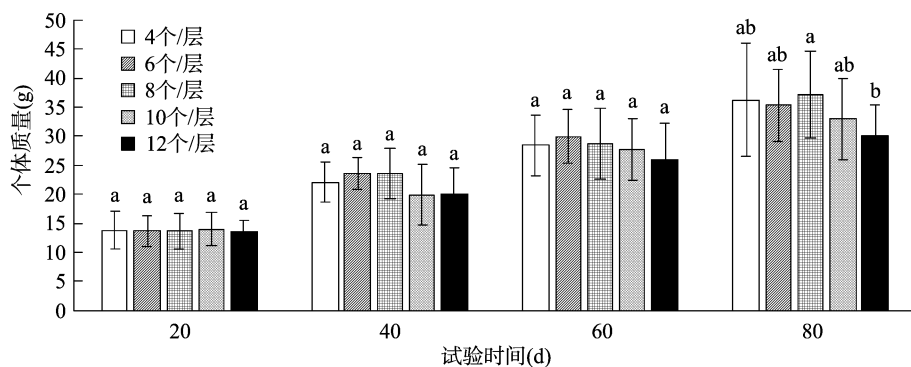


图2 不同养殖密度条件下虾夷扇贝个体质量的变化情况

异 ( $P < 0.05$ )。

各个试验组虾夷扇贝日均壳高增长量、日均个体质量增长量和存活率的比较见表 1。由表 1 可知,试验 80 d,各个试验组虾夷扇贝的日均个体质量增长量差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 8 个/层虾夷扇贝的日均壳高增长量略大于 4 个/层和 6 个/层,显著大于 10 个/层和 12 个/层虾夷扇贝的日均壳高增长量 ( $P < 0.05$ ); 8 个/层虾夷扇贝的存活率略高于 4 个/层和 6 个/层,显著高于 10 个/层和 12 个/层 ( $P < 0.05$ )。

表 1 不同养殖密度条件下虾夷扇贝日均壳高增长量、日均个体质量增长量和存活率的比较 (80 d)

组别 (个/层)	日均壳高增长量 (mm)	日均质量增长量 (g)	存活率 (%)
4	$0.07 \pm 0.01a$	$0.37 \pm 0.10a$	$88.33 \pm 3.82ab$
6	$0.07 \pm 0.01a$	$0.35 \pm 0.06a$	$87.78 \pm 0.96a$
8	$0.08 \pm 0.00a$	$0.38 \pm 0.07a$	$89.17 \pm 3.15a$
10	$0.06 \pm 0.00b$	$0.32 \pm 0.07a$	$83.00 \pm 3.00b$
12	$0.06 \pm 0.00b$	$0.29 \pm 0.04a$	$74.44 \pm 2.10c$

注:同列数据后标不同小写字母代表差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

## 2.2 不同养殖密度虾夷扇贝对其排氨率和耗氧率的影响

不同养殖密度组虾夷扇贝排氨率和耗氧率的变化情况见图 3 和图 4。在试验温度相同的条件下,各组的排氨率均在  $0.15 \sim 0.20 \mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ,耗氧率均在  $1.5 \sim 2.0 \mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ,差异不显著 ( $P > 0.05$ )。由表 2 可知,不同养殖密度组的 O/N 均在  $19.40 \sim 19.86$  之间,差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

养殖密度是否合理,对海洋生物增殖至关重要,国内外学者已经对皱纹盘鲍 (*Haliotis disus*

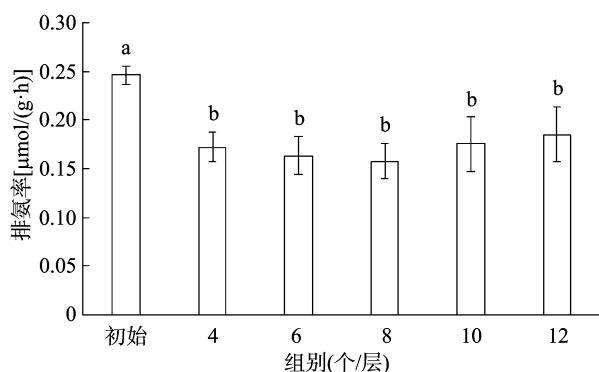


图3 不同养殖密度条件下虾夷扇贝排氨率变化情况

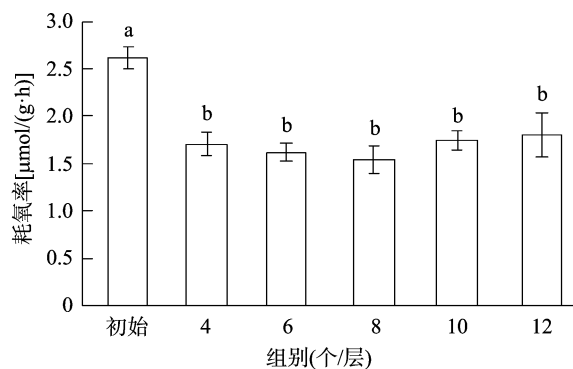


图4 不同养殖密度条件下虾夷扇贝耗氧率变化情况

表 2 不同养殖密度条件下虾夷扇贝 O/N 变化情况

组别 (个/层)	O/N
初始	21.22a
4	19.79b
6	19.83b
8	19.63b
10	19.86b
12	19.40b

*hannai*)、毛蚶 (*Scapharca suberenat*)、泥螺 (*Bullacta exarata*)、西施舌 (*Coelomactra antiquata*) 等的适宜养殖密度进行探究<sup>[22-33]</sup>,养殖密度过大会影响海洋生物的生长速度,同时还会导致其畸形率和死亡率升高<sup>[13]</sup>。本研究结论与之基本一致,即随着虾夷扇贝

养殖密度的增加,其生长指标(包括壳长、壳高、个体质量等)逐渐降低。可见,在筏式养殖虾夷扇贝的过程中,养殖密度过大会降低其生长速度,甚至影响其存活率,若养殖密度过小,会降低养殖器材和环境资源的利用率,导致养殖成本增加。随着我国扇贝消费需求和养殖规模的不断扩大,对扇贝合理密殖相关探究日渐迫切<sup>[34]</sup>,合理密殖对提高虾夷扇贝养殖产量和实现经济效益的增长具有关键性作用。

贺先钦等研究表明,8 个/m<sup>2</sup> 的虾夷扇贝底播养殖密度在獐子岛海区较为合理<sup>[35]</sup>;萧云朴等在浙江南麂海区采用与本研究相同的养殖笼,探究了虾夷扇贝的最适养殖密度(5、10、15 个/层),结果表明 10 个/层最佳<sup>[13]</sup>;在日本的浮筏养殖中,8 个/层(网盘直径 34 cm)的虾夷扇贝养殖密度较为普遍<sup>[36]</sup>。本研究结果表明,虾夷扇贝在桑沟湾海区的最适养殖密度为 8 个/层,这与先前的研究结果基本一致。也有研究表明,影响虾夷扇贝生长的因素多种多,如初级生产力水平、水体温度、养殖器材通透性等<sup>[37]</sup>。而各个养殖海域的环境因素都不尽相同,虾夷扇贝最适养殖密度的确定还应因地制宜。

呼吸和排泄主要通过耗氧和排氨来表现,通过测定耗氧率和排氨率可考察贝类的基本生理活动情况,同时呼吸和排泄在贝类能量学、贝类养殖容量和贝类对海洋生态环境影响的研究中成为重要指标<sup>[38]</sup>,反映了贝类生理活动和环境条件的相互作用。本研究对不同养殖密度虾夷扇贝的耗氧率、排氨率和 O/N 进行测定,结果显示耗氧率和排氨率最低是 8 个/层组,但各组间差异并不显著( $P > 0.05$ )。但这也说明在最适养殖密度下,扇贝可能处于较低消耗的状态。经计算,8 个/层组的耗氧率和排氨率相比其他试验组平均降低 0.17  $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{h})$ (降低比例为 10.1%)、0.02  $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{h})$ (降低比例为 9.6%),按照桑沟湾 20 亿粒扇贝、年产量 5 万 t 统计<sup>[39]</sup>,则选择合理密殖可减少消耗氧气 2 382.72 t/年,同时降低氨盐排放量 157.68 t/年。但在本试验中,扇贝的生理实验在实验室条件下完成的,并不能真实反映原位条件下的密度胁迫情况,仍待进一步探究。

#### 参考文献:

[1]傅强. 虾夷扇贝(*Patinopecten Yessoensis*)近交衰退的生物学效应及遗传机理研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2014:10-25.

- [2]常亚青. 贝类增养殖学[M]. 北京:中国农业出版社,2007:91-99.
- [3]倪守胜. 虾夷扇贝种群遗传结构分析和种质评估[D]. 上海:上海海洋大学,2017:16-23.
- [4]孙秀俊,杨爱国,刘志鸿,等. 两种壳色虾夷扇贝的 RAPD 分析[J]. 渔业科学进展,2009,30(6):110-117.
- [5]刘世禄,杨爱国. 中国主要海产贝类健康养殖技术[M]. 北京:海洋出版社,2005:54-61.
- [6]梁峻. 虾夷扇贝养殖群体数量性状遗传研究[D]. 青岛:中国科学院研究生院(海洋研究所),2009:12-16.
- [7]苏秀榕,李太武,丁明进. 扇贝营养成分的研究[J]. 海洋科学,1997,21(2):10-11.
- [8]王庆成. 虾夷扇贝的引进及其在我国北方增养殖的前景[J]. 水产科学,1984(4):24-27.
- [9]马延祥,项福椿. 从日本引进虾夷扇贝育苗和增养殖试验成功[J]. 海洋开发,1987(1):65.
- [10]张起信,张启胜,李维年,等. 虾夷扇贝筏式养殖高产技术研究[J]. 海洋科学,2000,24(8):14-16.
- [11]王庆成,寇宝增,刘永峰,等. 虾夷扇贝育苗适温问题的初步探讨[J]. 海洋科学,1986,10(2):49-50.
- [12]刘忠颖,陈远,王志松. 温度对虾夷扇贝幼体和稚贝生长、成活率的影响[J]. 水产科学,1999,18(3):17-20.
- [13]萧云朴,陈舜,伍德瀛,等. 养殖密度对虾夷扇贝在浙江南麂海区生长的影响[J]. 南方水产,2009,5(5):1-7.
- [14]隋锡林,王庆成. 虾夷扇贝生产性育苗试验[J]. 水产科学,1990,9(2):1-5.
- [15]高悦勉,李国喜,赵银丽. 大连沿海虾夷扇贝养殖群体遗传结构的研究[J]. 大连水产学院学报,2004,19(2):142-145.
- [16]周玮,王国栋,宋善旗. 浓缩单胞藻在虾夷扇贝育苗中的应用效果[J]. 大连水产学院学报,2009,24(4):317-320.
- [17]徐东. 虾夷扇贝生理能量学研究及底播笼养殖技术的探讨[D]. 青岛:青岛农业大学,2010:50-66.
- [18]郝振林,唐雪娇,丁君,等. 不同高温水平对虾夷扇贝存活率、耗氧率和体腔液免疫酶活力的影响[J]. 生态学杂志,2014,33(6):1580-1586.
- [19]徐东,张继红,王文琪,等. 温度变化对虾夷扇贝耗氧率和排氨率的影响[J]. 中国水产科学,2010,17(5):1101-1106.
- [20]高振铨,张继红,李敏,等. 温度波动对不同规格虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)生理和免疫指标的影响[J]. 渔业科学进展,2017,38(3):148-154.
- [21]方建光,孙慧玲,匡世焕,等. 桑沟湾海水养殖现状评估及优化措施[J]. 渔业科学进展,1996(2):95-102.
- [22]宋宗贤,冯月群. 皱纹盘鲍底播放流试验[J]. 海洋科学,1993(5):12-14.
- [23]任一平,徐宾铎,郭永禄,等. 胶州湾移植底播菲律宾蛤仔的生长和死亡特性[J]. 中国水产科学,2006,13(4):642-649.
- [24]杜尚昆,杜桂芝. 毛蚶幼贝底播密度试验[J]. 河北渔业,2010(1):22-23.
- [25]江仁党. 放养密度对虹鳟稚鱼生长的影响[J]. 水产学杂志,2009,22(4):31-33.
- [26]于瑞海,李琪. 无公害魁蚶底播增养殖稳产新技术[J]. 海洋湖沼通报,2009(3):87-90.

朱俊平. 双黄连纳米乳口服液对枫叶鸭免疫功能的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(17): 183–185.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.17.036

# 双黄连纳米乳口服液对枫叶鸭免疫功能的影响

朱俊平

(山东畜牧兽医职业学院, 山东潍坊 261061)

**摘要:**将 120 羽 1 日龄枫叶鸭分成 3 组(I 组、II 组、III 组), I 组、II 组分别在日常饮水中加入双黄连纳米乳口服液 1.0、0.5 mL/L, III 组为对照组。结果显示, I 组、II 组与 III 组相比, 胸腺指数分别提高 13.89% ( $P < 0.05$ )、10.19% ( $P < 0.05$ ), 脾指数分别提高 10.43% ( $P < 0.05$ )、3.48% ( $P > 0.05$ ), 法氏囊指数分别提高 19.84% ( $P < 0.05$ )、12.70% ( $P < 0.05$ ); DVH 中和抗体分别提高 19.51% ( $P < 0.05$ )、14.63% ( $P < 0.05$ ); H<sub>5</sub> 亚型禽流感 Re-6 血凝抑制抗体分别提高 23.90% ( $P < 0.05$ )、16.98% ( $P < 0.05$ ), H<sub>5</sub> 亚型禽流感 Re-8 血凝抑制抗体分别提高 23.39% ( $P < 0.05$ )、13.51% ( $P < 0.05$ )。结果表明, 双黄连纳米乳口服液能够显著提高枫叶鸭免疫功能。

**关键词:**双黄连; 纳米乳; 枫叶鸭; 免疫功能

**中图分类号:** R285 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)17-0183-03

双黄连是由金银花、黄芩、连翘三味药物复方精提的中药制剂, 主要有清热解毒、抗炎消肿、抑制病原和免疫调节等药理作用<sup>[1]</sup>。双黄连纳米乳口服液是由运用纳米技术制造的粒径小于 200 nm 的药物成分制成, 具有药物溶出率高、在消化道的吸收率高、生物利用度高等优点<sup>[2]</sup>。本试验研究了双黄连纳米乳口服液对枫叶鸭免疫器官指数及疫苗免疫效果的影响, 为该产品的临床应用特别是在鸭

生产上的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 试验动物 120 羽 1 日龄枫叶鸭购自山东永惠枫叶种鸭有限公司; SPF 鸡胚购自山东斯帕法斯生物技术有限公司。

1.1.2 试验药品 疫苗双黄连纳米乳口服液由山东广元药业科技有限公司试产, 含有黄芩苷 13.2 mg/mL、绿原酸 1.2 mg/mL、连翘苷 0.6 mg/mL; 鸭病毒性肝炎(DVH)活疫苗(A66 株)由南京天邦生物科技有限公司生产; 重组禽流感病

收稿日期: 2019-09-26

基金项目: 山东省潍坊市科技发展项目(编号: 2017GX047)。

作者简介: 朱俊平(1968—), 男, 山东寿光人, 硕士, 副教授, 从事兽医临床教学和研究。E-mail: shdmyzhujunping@163.com。

[27] Parsons G J, Dadswell M J. Effect of stocking density on growth, production, and survival of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, held in intermediate suspension culture in Passamaquoddy Bay, New Brunswick [J]. *Aquaculture*, 1992, 103 (3/4): 291–309.

[28] Côté J, Himmelman J H, Michel C, et al. Influence of density and depth on the growth of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1993, 50(9): 1857–1869.

[29] 刘德经, 张克存, 李正华. 放养密度对西施舌稚贝生长的影响[J]. *特产研究*, 2008, 30(4): 14–16, 33.

[30] 张国新. 不同养殖密度对南美白对虾生长的影响[J]. *河北渔业*, 2008(8): 12–15.

[31] 张玉勇, 徐革锋, 金舒博, 等. 养殖密度对饵料驯化期细鳞鱼稚鱼生长的影响[J]. *上海水产大学学报*, 2008, 17(3): 321–326.

[32] 邵邻相, 谢 炜, 叶菲菲. 养殖密度对地图鱼幼鱼生长发育的影响[J]. *水产科学*, 2005, 24(4): 7–9.

[33] 尤仲杰. 不同放养密度对泥螺生长的影响[J]. *水产科学*, 2007, 26(2): 103–105.

[34] 周 毅, 杨红生, 张福绥. 栉孔扇贝生理生态学特征的实验研究[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 227–233.

[35] 贺先钦, 薛真福, 王有君, 等. 虾夷扇贝地播增殖的试验[J]. *水产科学*, 1997, 16(2): 7–10.

[36] 张景山. 关于改进虾夷扇贝养殖技术的探讨[J]. *水产科学*, 1999, 18(3): 46.

[37] 刘永峰, 王淑波, 张传宝. 海湾扇贝筏式笼养不同放养密度试验[J]. *水产科学*, 1990, 9(1): 10–13.

[38] 印丽云, 高永利, 杨振才, 等. 不同规格近江牡蛎的排氨率和耗氧率分析[J]. *热带海洋学报*, 2013, 32(1): 60–63.

[39] 武晋宣. 桑沟湾养殖海域氮、磷收支及环境容量模型[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005: 8–9.