

王艳艳,赵 飞,白 璐,等.不同开口饵料对山区全人工繁殖杂交鲟生长发育的影响[J].江苏农业科学,2018,46(9):177-180.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.09.042

不同开口饵料对山区全人工繁殖 杂交鲟生长发育的影响

王艳艳,赵 飞,白 璐,刘 霆,曾 圣,杜 强

(贵州省水产研究所,贵州贵阳 550025)

摘要:为分析发育早期消化酶活性情况,及不同开口饵料对山区全人工繁殖史氏鲟 *Acipenser schrenckii* ♀ × 西伯利亚鲟 *Acipenser baeri* ♂ 杂交鲟仔鱼生长发育的影响,分别以人工配合饲料、水丝蚓、轮虫、熟蛋黄为开口饵料,对杂交鲟仔鱼进行了养殖试验,研究不同开口饵料对杂交鲟仔鱼成活率及生长情况的影响,并对不同饵料的一般营养成分及不同发育时期仔鱼消化酶活性进行相关分析。结果表明,体质量、体长、特定增长率、增质量率和成活率,均为水丝蚓组显著高于其他试验组($P < 0.05$);孵化初期,胃蛋白酶、胰蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活性均较低,随着不断生长发育,4种消化酶活性逐渐升高。同一发育期,脂肪酶活性显著低于其他3种消化酶($P < 0.05$),蛋白酶(胃蛋白酶和胰蛋白酶)活性显著高于脂肪酶和淀粉酶活性($P < 0.05$)。由结果可知,杂交鲟仔鱼开口期以水丝蚓作为开口饵料效果较好,人工配合饲料也可以作为杂交鲟仔鱼开口饵料。

关键词:杂交鲟;不同饵料;开口;消化酶;山区

中图分类号: Q965.215 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)09-0177-03

鲟鱼(*Acipenser sturio* Linnaeus)隶属于硬骨鱼纲(Osteichthyes)辐鳍亚纲(Actinopterygii)软骨硬鳞总目(Chondrostei)鲟形目(Acipenseriformes),是现存最古老的脊椎动物之一,也是受广大消费者青睐的名贵水产品^[1]。随着天然资源数量与市场需求差距日渐增大^[2-3],鲟鱼养殖业迅速发展^[4-6]。贵州地下水年排泄量 259 亿 m^3 ,此外,全省水库、河流众多,水质良好,给鲟鱼的养殖生产提供了良好的条件^[7]。为此,1999 年贵州开始引进俄罗斯鲟进行驯化养殖,并陆续向全省范围推广。目前,鲟鱼已成为贵州冷水鱼主要养殖品种,其产量占全省冷水鱼产量的 90% 以上^[8]。然而,鲟鱼性成熟晚、繁殖周期长,雌鱼产卵间隔在 1~6 年^[9],致使鲟鱼苗种及受精卵多从省外或国外购买,极大地制约了鲟鱼产业的发展。

仔鱼开口培育阶段(即由内源营养向外源营养转化的阶段)是鱼类早期生活史中的关键时期^[10],也是鲟鱼养殖过程中死亡率高的重要临界期^[11]。开口饵料是决定仔鱼顺利实现初次摄食的主要因素,也是影响仔鱼生长、存活的关键因子,选择恰当的时间投喂合适的饵料,可明显提高苗种的成活

率^[12]。仔鱼开口期生长的细微差别对其存活以及整个生活史阶段的生长都有着重要的影响^[13]。因此,开口饵料的选择及其投喂技术已成为鱼类早期生活史研究的主要内容之一^[14]。国内外学者就不同饵料^[15-16]、初次投喂时间^[17]、投喂频率和投喂率^[18]等对鲟鱼仔鱼生长发育的影响进行了研究。

消化酶活力是反映鱼类消化生理状况和对各种营养物质利用的重要指标^[19]。国内外学者对鲟鱼投喂频率^[20]、不同饵料对鲟鱼仔鱼生长发育与消化酶活性^[12]、鲟鱼消化酶的活性与分布^[21-22]进行了报道,但对鲟鱼苗种不同开口期消化酶情况及饵料种类的选择和对生长发育的影响报道较少。本研究探讨了鲟鱼苗种不同发育时期消耗酶活力及不同饵料对杂交鲟仔鱼生长发育的影响,以期了解不同发育时期杂交鲟消化酶活性情况,为提高杂交鲟仔鱼对饵料的消化利用率提供基础数据,为杂交鲟在苗种培育阶段饵料的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验鱼及分组

试验用鲟鱼仔鱼为贵州省水产研究所惠水试验基地全人工自繁的史氏鲟 *Acipenser schrenckii* ♀ × 西伯利亚鲟 *Acipenser baeri* ♂ 杂交仔鱼,简称杂交鲟。试验于 2016 年 5 月 6 日在贵州省水产研究所惠水试验基地进行,试验初始仔鱼为 4 日龄,平均体质量(0.034 ± 0.00)g,体长(1.60 ± 0.04)cm。试验采取室内水族箱(30 L)养殖,每个水族箱投放仔鱼 1 000 尾,试验组分为 4 组,每组 2 个平行。试验时间为 7 d。试验水温 $17.5 \sim 19.5$ °C,溶解氧 $7.76 \sim 8.08$ mg/L, pH 值 $8.08 \sim 8.11$ 。

1.2 饵料种类与投喂方法

本试验分为熟蛋黄、轮虫、人工配合颗粒饲料、水丝蚓 4 种饵料。其中熟蛋黄溶水后经 200 目筛绢过滤后投喂;轮虫

收稿日期:2017-08-21

基金项目:贵州省科学技术基金项目(编号:黔科合 J 字 LKN[2013]11 号);贵州省农业科学院项目(编号:黔农科院院专项[2014]012 号);贵州省农业科学院项目(编号:黔农科院院专项[2015]10 号);贵州省科技计划项目(编号:黔科合平台人才[2016]5714);国家特色淡水鱼产业技术体系项目(编号:CARS-46);贵州省特色水产现代农业产业技术体系项目(编号:GZCYTX2017-01101)。

作者简介:王艳艳(1987—),女,天津蓟县人,硕士,助理研究员,主要从事水生生态学与水生动物学研究。E-mail: wangyy19870117@163.com。

为自己扩繁虫(密度约 100 ind./L);水丝蚓购自花鸟市场,暂养 7 d 以上,投喂前用 1% ~3% 食盐水浸泡 10 min,打浆投喂;人工配合饲料为鲟鱼专用微粒饲料,用水泡成浆状投喂。

1.3 试验过程及管理

每 2 h 观察 1 次,查看有无死亡,及时捞出死鱼并对其进行计数。日投饵量保持在鱼体质量的 100%;每 2 h 投喂 1 次,每次投喂时间控制在 0.5 h 以内,投喂结束后用虹吸管清除箱底残饵粪便。试验过程中保持水质清新,每天换 1/3 养殖用水。

1.4 指标的测定

1.4.1 生长指标的检测 分别在试验开始和结束时随机抽取 20 尾测量各组仔鱼的体长、体质量,每天记录各组仔鱼的死亡情况。计算公式如下:

增质量率(WGR) = $\frac{\overline{m_t} - \overline{m_0}}{\overline{m_0}} \times 100\%$;

特定生长率(SGR) = $\frac{\ln \overline{m_t} - \ln \overline{m_0}}{t} \times 100\%$;

肥满度(CF) = $\frac{m_t}{L_t^3} \times 100\%$;

成活率(FR) = $\frac{\text{终尾数}}{\text{初尾数}} \times 100\%$;

式中: $\overline{m_0}$ 为初始平均体质量,g; $\overline{m_t}$ 为终末平均体质量,g; L_t 为鱼体长,cm; t 养殖时间,d。

1.4.2 粗酶液的制定 选取 1 日龄仔鱼、4 日龄仔鱼和 10 日龄仔鱼样品,用滤纸吸干水分后放入 1.5 mL 离心管中,置于 -80 ℃ 冰箱保存。

将样品加入 10 倍体积(m/V)预冷重蒸水,在玻璃匀浆器中冰浴匀浆,9 000 ~10 000 r/min 冷冻离心 30 min,上层为油

层,下层为沉淀,小心取中间层,3 000 r/min 再次离心后取上清液进行消化酶活性的测定。酶液置于 4 ℃ 冰箱保存备用,在 24 h 内分析完毕。

1.5 测定项目及方法

1.5.1 饵料基本营养成分的测定 不同饵料中水分含量参照 GB/T 5009.3—2003 方法进行测定,粗蛋白质含量参照 GB/T 5009.5—2003 方法进行测定,粗脂肪含量参照 GB/T 5009.6—2003 方法进行测定,粗灰分含量参照 GB/T 5009.4—2003 方法进行测定,粗纤维含量参照 GB/T 5009.10—2003 方法进行测定。

1.5.2 消化酶活性的测定 胰蛋白酶、胃蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶活性含量采用南京建成生物技术公司测试盒测定。蛋白含量采用考马斯亮蓝法测定。

1.6 统计分析

试验数据用“平均值 ± 标准差”表示,采用 SPSS 13.0 统计软件进行单因素方差分析,用 LSD 多重比较分析试验结果的差异显著性,当 $P < 0.05$ 时为差异显著, $P > 0.05$ 时为差异不显著。

2 结果与分析

2.1 不同饵料的一般营养成分

由表 1 可知,3 种饵料一般营养成分存在较大差异。水丝蚓、熟蛋黄水分含量较高[含量分别为(83.40 ± 1.40)%、(50.47 ± 0.47)%],粗蛋白质含量较低[含量分别为(8.20 ± 0.18)%、(15.82 ± 0.33)%],但熟蛋黄粗蛋白质的含量显著高于水丝蚓;人工配合饲料粗蛋白含量较高,为(45.15 ± 0.94)% ,除人工配合饲料外其他 2 种饵料均未检出粗纤维。

表 1 不同饵料一般营养成分的含量

种类	水分	粗蛋白质	粗脂肪	粗灰分	粗纤维
人工配合饲料	6.77 ± 0.11a	45.15 ± 0.94c	10.69 ± 0.64b	11.96 ± 1.04b	0.02
水丝蚓	83.40 ± 1.40c	8.20 ± 0.18a	2.30 ± 0.17a	2.16 ± 0.06a	—
熟蛋黄	50.47 ± 0.47b	15.82 ± 0.33b	20.46 ± 0.86c	1.45 ± 0.09a	—

注:同一列数据上标字母相同者表示差异不显著($P > 0.05$);小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

2.2 不同开口饵料对杂交鲟仔鱼生长及成活率的影响

由表 2 可见,投喂水丝蚓组末体质量最高,为(0.052 ± 0.01)g,其次是投喂人工配合饲料组,为(0.047 ± 0.00)g,投喂轮虫和投喂熟蛋黄组的末体质量无显著差异($P > 0.05$),且显著低于投喂人工配合饲料和水丝蚓组($P < 0.05$)。投喂

水丝蚓组的末体长最大,为(2.17 ± 0.08)cm,显著高于其他投喂组($P < 0.05$),投喂人工配合饲料、轮虫和熟蛋黄组末体长无显著差异($P > 0.05$)。投喂水丝蚓组成活率为 72%,投喂人工配合饲料和熟蛋黄开口组成活率均为 60%,投喂轮虫组成活率最低,为 49%。

表 2 不同开口饵料对杂交鲟仔鱼生长及成活率的影响

组别	初体质量(g)	初体长(cm)	末体质量(g)	末体长(cm)	成活率(%)
人工配合饲料	0.034 ± 0.00	1.60 ± 0.04	0.047 ± 0.00b	1.99 ± 0.05a	60
水丝蚓	0.034 ± 0.00	1.60 ± 0.04	0.052 ± 0.01c	2.17 ± 0.08b	72
轮虫	0.034 ± 0.00	1.60 ± 0.04	0.040 ± 0.00a	2.02 ± 0.06a	49
熟蛋黄	0.034 ± 0.00	1.60 ± 0.04	0.038 ± 0.00a	1.94 ± 0.04a	60

注:同列数据后;不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.3 不同开口饵料对杂交鲟鱼生长性能的影响

由表 3 可知,投喂水丝蚓组的特定生长率最高,为 8.0%,其次是投喂人工配合饲料组,为 5.5%;投喂轮虫组和熟蛋黄组特定生长率较低(分别为 2.8% 和 1.8%)。投喂水丝蚓组的增质量率最高,为 52.9%,其次是投喂人工配合饲料组,为 38.2%,投喂轮虫组和熟蛋黄组较低(分别为 17.6%

和 11.8%)。投喂人工配合饲料组肥满度最高,为 0.60%,其次为投喂熟蛋黄组、水丝蚓组和轮虫组(分别为 0.52%、0.51% 和 0.49%)。

2.4 杂交鲟仔鱼不同发育时期消化酶活性

由表 4 可知,孵化初期,4 种消化酶活性均较低,随着不断生长发育,4 种消化酶活性逐渐升高。同一发育期,脂肪酶活

表 3 不同开口饵料对杂交鲟仔鱼生长性能的影响

组别	特定生长率 (%)	增质量率 (%)	肥满度 (%)
人工配合饲料	5.5	38.2	0.60
水丝蚓	8.0	52.9	0.51
轮虫	2.8	17.6	0.49
熟蛋黄	1.8	11.8	0.52

性均显著低于其他 3 种消化酶($P<0.05$),蛋白酶(胃蛋白酶和胰蛋白酶)活性显著高于脂肪酶和淀粉酶活性($P<0.05$)。

表 4 不同发育时期消化酶活性 U/mg prot

发育时期 (日龄)	胃蛋白酶	胰蛋白酶	脂肪酶	淀粉酶
1	1.34±0.05aB	1.38±0.10aB	0.24±0.02aA	0.25±0.03aA
4	1.99±0.11bC	1.73±0.04bB	0.95±0.04bA	0.85±0.03bA
10	2.52±0.02cC	3.22±0.01cD	1.07±0.07cA	1.55±0.06cB

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。同行后不同大写字母表示差异显著($P<0.05$)。

3 讨论

确定首次投喂的时间(即开口时间),是保证开口成功的关键。一般认为投喂过早会造成饲料浪费并污染水质,投喂过晚则会造成鱼苗“老口”,影响鱼苗的生长发育^[23]。仔鱼外源性营养的开始是与搜索、摄取活饵料相关器官功能的形成,以及相关的运动模式特别是巡游模式相适应的^[24]。徐连伟等认为,匙吻鲟(*Polyodon spathula*)仔鱼在 6 日龄开始摄食^[25]。黄晓荣等的研究结果表明,史氏鲟(*Acipenser schrenckii*)仔鱼在 7 日龄开始摄食^[26]。Gisbert 等报道中华鲟在 11~12 日龄才开始摄食^[17]。本试验结果表明,在水温 17.5~19.5℃ 的山区养殖条件下,全人工繁殖史氏鲟 *Acipenser schrenckii* ♀×西伯利亚鲟 *Acipenser baeri* ♂ 仔鱼在孵化后 4 d 即可以开始摄食,可见不同鲟科鱼类开口时间不同,且杂交鲟仔鱼开口时间较其他种类早。

许多鱼类的仔鱼在从内源性营养转化到外源性营养的过渡阶段,往往会出现大量死亡,这一阶段被一些学者称为“危险期”或“临界期”^[25]。鱼类仔鱼开口摄食后,其生长发育与饵料种类、大小(适口性)、密度(可得性)及饵料营养等密切相关^[12]。不同鲟鱼摄食特性不同,开口饵料相同但饲养效果也不同,中华鲟(*Acipenser sinensis*)仔鱼开口料以卤虫效果较好,仔鱼存活率可达 87%^[16]。徐连伟等认为匙吻鲟仔鱼开口饵料以轮虫效果较好,成活率可达 78.5%,而饲喂卤虫存活率只有 34%^[25]。吴文化等则认为以桡足幼体作为匙吻鲟仔鱼开口饵料较好,仔鱼存活率可达 86%,且生长发育速度明显快于其他试验组^[12]。本研究结果显示,史氏鲟 *Acipenser schrenckii* ♀×西伯利亚鲟 *Acipenser baeri* ♂ 杂交鲟仔鱼以水丝蚓开口时,成活率最高,为 72%,且特定生长率、增质量率等生长性能也明显高于其他试验组。4 种饵料的大小差异较小,但可得性和适口性存在较大差异。轮虫虽是生物饵料,但由于个体小,造成捕食效率低,摄饵量不能满足仔鱼生长发育的需要,故仔鱼生长缓慢,成活率低^[27]。水丝蚓易得性好,且蛋白质含量高,适合杂交鲟仔鱼消化酶活性组成,故以水丝蚓开口成活率高,且肥满度也较高。熟蛋黄虽然营养成分和适

口性均较好,但由于熟蛋黄投入水中后,易污染水体,导致仔鱼死亡,故成活率低。本试验研究结果表明,杂交鲟仔鱼可用人工配合饲料开口,这与徐连伟等^[25]和姚德鑫等^[23]的研究结果一致,但是研制出专用于鲟鱼开口的配合饲料还需要做进一步研究。

鱼类早期发育过程中,其消化系统尚不成熟,仔鱼在卵黄期其消化系统的酶活性非常低,主要由内源性营养维持,随着消化系统的发育,一些酶类伴随着外源性营养的吸收开始合成^[28]。试验结果显示,孵化初期,仔鱼胃蛋白酶、胰蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活性均很低,可见开口期消化酶活性弱是造成该时期死亡率高的原因之一^[19]。孵化早期,仔鱼消化能力较低,虽然摄食量少,但在投喂时,饵料的量要充足。

4 结论

孵化早期,杂交鲟消化能力低,开口时宜选择易被杂交鲟仔鱼消化的饵料,以水丝蚓作为开口饵料效果较好。饲养管理时,适当减少单次投喂量,并增加投喂次数,随着仔鱼规格的增大,消化能力的增强,适当调整投喂量及投喂次数。配合饲料也可以作为杂交鲟仔鱼开口饵料。

参考文献:

[1] 庞景贵,刘丽杰,陈力. 世界鲟鱼类资源及其养殖前景[J]. 淡水渔业,2002,32(1):53-55.

[2] 高云样,殷海龙,张树贵,等. 史氏鲟养殖业的兴起及发展预测[J]. 黑龙江水产,2000(3):22-23.

[3] 卢迈新,黄樟翰,肖学铮,等. 主要养殖鲟鱼的生物学及其养殖前景[J]. 大连水产学院学报,2000,15(4):280-287.

[4] Moore B J, Hung S S. Protein requirement of hatchery produced juvenile white sturgeon(*Acipenser transmontanus*) [J]. Aquaculture, 1986,43(6):147.

[5] Hung S O, Paul B. Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) [J]. Aquaculture, 1993,115:297-303.

[6] Werner S, Horst J, Frank F. Possibilities of sturgeon culture in central Europe [J]. Aquaculture, 1990,89:101-122.

[7] 李正友,罗永成,杨兴,等. 贵州山区鲟鱼养殖现状、问题及对策[J]. 贵州农业科学,2005,33(增刊1):105-106.

[8] 杨兴,李正友,田晓琴,等. 贵州山区鲟鱼养殖技术[M]. 贵阳:贵州科学技术出版社,2007.

[9] 常剑波. 长江中华鲟繁殖群体结构特征和数量变动趋势研究[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所,1999.

[10] 殷名称. 鱼类早期生活史阶段的自然死亡[J]. 水生生物学报, 1996,20(4):363-372.

[11] Hubenova T, Zaikov A, Vasileva P. Management of paddlefish fry and juveniles in Bulgarian conditions [J]. Aquaculture International, 2007,15(3/4):249-253.

[12] 吴文化,张秀娟,宋聘,等. 消化酶活性的影响[J]. 动物学杂志,2015,50(4):571-580.

[13] 徐连伟,邹作宇,董宏伟,等. 匙吻鲟鱼期饵料的研究[J]. 渔业现代化,2008,35(6):29-32.

[14] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展[J]. 水产学报,1991, 15(4):348-358.

[15] Dabrowski K, Kaushik S J, Fauconneau B. Rearing of sturgeon

钟金凤,伍维高,吴支要,等. 应用环磷酰胺构建断奶仔猪免疫抑制模型[J]. 江苏农业科学,2018,46(9):180-183.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.09.043

应用环磷酰胺构建断奶仔猪免疫抑制模型

钟金凤¹, 伍维高¹, 吴支要¹, 汤小鹏²

(1. 湖南环境生物职业技术学院, 湖南衡阳 421005; 2. 湖南农业大学, 湖南长沙 410000)

摘要:为研究环磷酰胺对断奶仔猪免疫抑制效果的影响,选取体质量一致、健康的杜×长×大,35 日龄断奶仔猪 40 头,随机分为 4 个处理组,分别为:A 对照组,不注射环磷酰胺;B 试验组,连续 3 d 注射 60 mg/kg 环磷酰胺;C 试验组,连续 2 d 注射 90 mg/kg 环磷酰胺;D 试验组,一次性注射 180 mg/kg 环磷酰胺。试验 7、14、21 d 前腔静脉采血,用于血细胞检测。结果显示,与 A 组相比,B、C、D 组平均日增质量显著降低($P < 0.05$),B、C、D 组间无显著差异;B、C、D 组 7、14 d 的血清白细胞和淋巴细胞数量显著低于 A 组($P < 0.05$);7 d 时 B、C、D 组外周血 CD3⁺、CD4⁺、CD8⁺ T 细胞显著低于 A 组($P < 0.05$),14 d 时外周血 CD4⁺ T 细胞数显著低于 A 组($P < 0.05$)。由此可见,总剂量为 180 mg/kg 的环磷酰胺可减少断奶仔猪白细胞和淋巴细胞浓度,抑制 CD3⁺、CD4⁺、CD8⁺ T 细胞的成熟,具有免疫抑制作用,可用于构建仔猪免疫抑制模型。因一次性注射操作简便,在 0~21 d 内免疫抑制效果较稳定。因此,建议采用一次注射 180 mg/kg 环磷酰胺构建仔猪免疫抑制模型。

关键词:环磷酰胺;免疫抑制;断奶仔猪;外周血淋巴细胞;白细胞;T 细胞

中图分类号:S852.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)09-0180-04

近年来,随着生猪养殖的飞速发展,猪场仔猪的免疫抑制性疾病频频发生。这类疾病致使仔猪群处于免疫抑制状态,不仅导致猪群疫苗免疫接种失败,而且阻碍仔猪正常生长,给生猪生产带来重大经济损失。为进一步研究这类免疫抑制性疾病,构建稳定的仔猪免疫抑制模型模拟生产中免疫低下现象显得尤为关键。

收稿日期:2017-08-21

基金项目:湖南省教育厅科研项目(编号:16C0563)。

作者简介:钟金凤(1980—),女,四川南充人,博士,副教授,主要从事动物营养与免疫研究。E-mail:498379002@qq.com。

通信作者:伍维高,硕士,畜牧师,主要从事畜禽生产方面的研究。E-mail:30942422@qq.com。

(*Acipenser baeri* Brandt) larvae I. Feeding trial[J]. Aquaculture, 1985,47:185-192.

[16]曹志华,邓伦飞,李 萍. 不同开口饵料对中华鲟仔鱼生长及成活率的影响[J]. 湖北农业科学,2007,46(2):278-280.

[17]Gisbert E,Williot P. Larvalbehaviour and effect of the timing of initial feeding on growth and survival of Siberian sturgeon larvae under small scale hatchery production[J]. Aquaculture,1997,156:63-76.

[18]Deng D F,Koshio Y,Yokoyama S,et al. Effect of feeding rate on growth perforce of white sturgen (*Acipenser transmontanus*) larvae [J]. Aquaculture,2003,217:1-4.

[19]Lauff M,Hofer R. Proteolytic enzymes in fish development and the importance of dietary enzymes [J]. Aquaculture, 1984, 37 (4): 335-346.

[20]崔 超,禹 娜,龙丽娜,等. 投饲频率对俄罗斯鲟幼鱼生长、消化酶活力和氨氮排泄的影响[J]. 海洋渔业,2014,36(1):35-43.

[21]吉 红,孙海涛,田晶晶,等. 匙吻鲟仔稚鱼消化酶发育的研究[J]. 水生生物学报,2012,36(3):457-465.

环磷酰胺(cyclophosphamide,简称 CTX),全称 $P-[N, N-双(\beta-氯乙基)]-1-氧-3-氮-2-磷杂环己烷-P-氧化物$,是一种非特异性体液和细胞免疫毒性抑制剂^[1],是众多的构建免疫抑制模型的药物之一。因其作用机制复杂,用环磷酰胺构建免疫抑制模型时,没有统一的标准。纵观文献,主要有 3 种指导方案,第一种是连续多次施药,如冯焱等用 0、40、80、160 mg/kg 的剂量连续 3 d 腹腔注射 1 日龄的雏鸡构建模型^[2];Harada 等以 15 mg/kg 的剂量连续 5 d 腹腔内注射的方式构建猪的免疫抑制模型^[3]。第二种是间隔多次施药,如 Huyan 等采用 50~200 mg/kg 分 2 次注射,一次在第 1 天,另一次在第 4 天^[4]。第三种施药方式是单次用药,Derbyshire 采用 100 mg/kg 的剂量对 5 周龄无特定病原体仔

[22]Ji H,Sun H T,Xiong D M. Studies on activity, distribution, and zymogram of protease, α -amylase, and lipase in the paddlefish *Polyodon spathula* [J]. Fish Physiology and Biochemistry,2012,38(3):603-613.

[23]姚德鑫,陈怀发,吕晓冬,等. 野生施氏鲟全人工饲料开口培育试验[J]. 黑龙江水产,2014(5):13-16.

[24]鲍宝龙,苏锦祥,殷明称. 延迟投饵对真鲷,牙鲆仔鱼早期阶段摄食、存活及生长的影响[J]. 水产学报,1998,22(1):33-37.

[25]徐连伟,邹作宇,董宏伟,等. 匙吻鲟仔鱼期饵料的研究[J]. 渔业现代化,2008,35(6):29-32.

[26]黄晓荣,庄 平,章龙珍,等. 延迟投饵对史氏鲟仔鱼摄食、存活及生长的影响[J]. 生态学杂志,2007,26(1):73-77.

[27]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.

[28]Buddington R K,Doroshov S I. Development of digestive secretions in white sturgeon juveniles (*Acipenser transmontanus*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Physiology,1986,83(2):233-238.