

王宏玉,裴雪莹,王 涛,等. 杂交黄颡鱼黄优 1 号体质量和内脏指标的相关分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(2):170-176.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.02.031

杂交黄颡鱼黄优 1 号体质量和内脏指标的相关分析

王宏玉¹,裴雪莹²,王 涛¹,尹绍武¹

(1. 南京师范大学海洋科学与工程学院,江苏南京 210023; 2. 南京师范大学生命科学学院,江苏南京 210023)

摘要:为了研究不同生长阶段杂交黄颡鱼主要内脏指标差异及其与体质量的相关性,随机选取 1、2、3、4 龄杂交黄颡鱼 493 尾,测量其体长、体质量及肠质量、肝质量、鳔质量、心脏质量、脾质量、性腺质量等脏器指标,并计算脏器指数。采用相关性分析、通径分析、多元回归分析方法进行杂交黄颡鱼体质量和内脏指标的相关性分析。结果显示,脏器质量(m_v)在 1 龄杂交黄颡鱼个体极少达到差异极显著水平,在 2、3 龄杂交黄颡鱼个体间大部分呈差异极显著水平,在 4 龄杂交黄颡鱼个体间除 m_v (性腺、脾)外达到差异极显著水平的居多;脏器指数在 1、2 龄杂交黄颡鱼绝大部分未达差异显著水平,3 龄脏器指数(I_v)除 I_v (性腺、鳔)外基本均达到差异极显著水平。杂交黄颡鱼部分脏器质量之间和脏器指数之间达到显著相关;多元回归分析结果显示,脏器质量与体质量有显著相关性,其中 1 龄杂交黄颡鱼肝质量与体质量的相关性最强,2、3、4 龄杂交黄颡鱼鳔质量与体质量的相关性最强。根据多元线性回归方程可得,鳔质量、心脏质量(除 2 龄外)对体质量的直接作用达极显著水平。

关键词:杂交黄颡鱼;内脏指标;脏器指数;体质量;通径分析

中图分类号:S917.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)02-0170-07

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)和瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)同属于鲿科(Bagridae)黄颡鱼

属(*Pelteobagrus*),广泛分布在长江、黄河、珠海及黑龙江等水域中,是经济型小型鱼类,因其肉质细嫩、味道鲜美、营养丰富、没有肌间刺、含肉率高^[1-2]等食用价值,受到消费者与养殖户的青睐。黄颡鱼与瓦氏黄颡鱼相比更耐低氧,但是生长速度较慢,个体较小。瓦氏黄颡鱼较黄颡鱼生长速度快,12 月龄鱼苗质量可达 250 g 左右^[3],但瓦氏黄颡鱼对水体溶氧量要求较高,当水体溶氧量低于 2 mg/L 时会出现浮头现象^[4]。为了集中优势,通过人工繁育,以普通黄颡鱼作为母本、瓦氏黄颡鱼作为父本杂交产生后代,得到杂交黄颡鱼黄优 1 号。杂交黄颡鱼鱼苗除在形态上与黄颡鱼相似^[5-6]外,在习性上与黄颡

收稿日期:2018-11-06

基金项目:江苏省重点研发计划(现代农业)重点项目(编号:BE2017377);江苏省农业重大新品种创制项目(编号:PZCZ201742);江苏省研究生科研与实践创新计划(编号:SJCX17_0343、SJCX18_0364);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(19)2034]。

作者简介:王宏玉(1995—),男,黑龙江密山人,硕士研究生,研究方向为鱼类种质资源与遗传育种。E-mail:40938841@qq.com。

通信作者:尹绍武,博士,教授,研究方向为鱼类种质资源与遗传育种。Tel:(025)85891840;E-mail:yinshaowu@163.com。

[15] Ouyang Y, Zhang J E, Lin D, et al. A STELLA model for the estimation of atrazine runoff, leaching, adsorption, and degradation from an agricultural land[J]. Journal of Soils and Sediments, 2010,10(2):263-271.

[16] 狄乾斌,徐东升,周乐萍. 基于 STELLA 软件的海湾经济可持续发展系统动力学模型研究[J]. 海洋开发与管理,2012,29(3):90-94.

[17] 于 涛,钟 非,贺 锋,等. 基于 STELLA 的循环水养殖系统池塘总氨氮动态模拟[J]. 农业机械学报,2013,44(7):199-203.

[18] 冯东涛,魏晓妹,降亚楠,等. 基于 STELLA 和气候变化情景的灌区农业供需水量模拟[J]. 农业工程学报,2015,31(6):122-128.

[19] 黄岁樑,臧常娟,杜胜蓝,等. pH、溶解氧、叶绿素 a 之间相关性研

究[J]. 环境工程学报,2011,5(6):1201-1208.

[20] 孙 耀,陈聚法. 中国对虾养殖水体中溶解氧的动态收支平衡模式[J]. 水产学报,1999,23(4):424-428.

[21] 邱康俊,温华洋,王 根,等. 基于高斯随机扰动的潜在蒸散敏感性分析[J]. 中国农学通报,2015,31(26):156-160.

[22] 何 亮,侯英雨,赵 刚,等. 基于全局敏感性分析和贝叶斯方法的 WOFOST 作物模型参数优化[J]. 农业工程学报,2016,32(2):169-179.

[23] 顾海涛,刘兴国,何雅萍,等. 微孔曝气式增氧机的性能及应用效果[J]. 渔业现代化,2017,44(3):25-28.

[24] 李 敏,段登选,许国品,等. 大藻-微生物制剂协同净化养殖池塘富营养化水体的效果[J]. 生态与农村环境学报,2015,31(1):94-99.

鱼有共同点——贴壁游动,但是生长速度较快,当年鱼种体长增长较母本黄颡鱼快 22.0%,成鱼阶段比母本快 29.4%^[7],且当年鱼苗质量可达 125 g/尾;耗氧率比父本瓦氏黄颡鱼低 0.05 mg/(g·h)^[5],肌肉蛋白含量高于双亲,氨基酸种类丰富,饵料系数低,具有一定的抗病能力等优势特性^[8-9]。近年来,随着杂交黄颡鱼人工繁育技术的日益成熟,其养殖规模也在不断扩大,现已成为我国江浙地区水产养殖中较为常见的品种之一。

内脏器官的质量和脏器指数除了能反映动物健康状况,也是判断其生长、生理状态和进化水平的重要指标,既可以作为动物遗传品质鉴定的重要依据,又可以为动物的饲养提供理论依据^[10-12]。另外,在医学上常用动物的脏器质量及脏器指数来衡量动物的功能状态、评价药品的安全性等^[13]。目前,有关脏器质量和脏器指数的研究主要是针对小鼠^[14]、家兔^[15]、五指山小型猪^[16]、小耳猪^[17]、比格犬^[18]、树鼩^[19]这些陆地动物进行的,对鱼类的研究主要集中在雌雄及不同品系之间的形态差异^[20-21],对脏器的相关分析极少。关于杂交黄颡鱼黄优 1 号的研究主要有繁育^[22]、形态比较^[6]、生长^[7]、遗传结构分析^[5]、营养价值评定以及核型分析^[23]方面。鉴于广大水产养殖户对杂交黄颡鱼黄优 1 号的认可,江苏、湖南、浙江、湖北地区都在进行大规模的人工养殖。本试验采用多元线性回归、相关分析、通径分析的方法,明确杂交黄颡鱼的主要内脏器官对体质量的直接及间接影响以及脏器之间的相互作用系数,旨在揭示杂交黄颡鱼不同时期不同脏器之间的相互关系,为黄颡鱼今后的良种选育及病害防治等相关研究提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2017 年 7 月从江苏省南京市水产科学研究所禄口基地(118.88°E,31.77°N)随机捕捞 1 龄杂交黄颡鱼 87 尾,体质量为 7.65~44.80 g,体长为 8.6~16.3 cm;2 龄杂交黄颡鱼 77 尾,体质量为 45.80~135.57 g,体长为 15.6~26.3 cm;3 龄杂交黄颡鱼 264 尾,体质量为 49.08~273.97 g,体长为 14.62~28.42 cm;4 龄杂交黄颡鱼 65 尾,体质量为 192.30~700.00 g,体长为 24.0~36.7 cm。

1.2 数据测定

对试验鱼禁食 24 h,用 100 mg/L MS-222 麻醉

剂使其麻醉,采用游标卡尺测定杂交黄颡鱼体长、肠长,精确到 0.1 cm;参照韩芬茹的方法^[15]称量杂交黄颡鱼体质量和肠、性腺、肝、脾、鳔、心脏等脏器的质量,精确到 0.01 g。

脏器指数计算公式: $I_v(\text{除肠长}) = m_v / \text{体质量} \times 100$;
 $I_v(\text{肠长}) = L(\text{肠}) / \text{体长} \times 100$ 。

式中: m_v 代表脏器质量,g; I_v 代表脏器指数,%; L 表示长度,cm。

1.3 数据处理

测得的数据参考杜家菊等的方法^[24]采用 Excel 2013 和 SPSS 19.0 软件进行统计分析,数据用“均值±标准差”表示。相关系数(r)、通径系数(P_i 、 P_j)、各表型性状对体质量的直接决定系数(D_i)、通过其他性状对体质量的间接决定系数(D_{ij})的相关计算公式为: $r_{iy} = x_i$ 与 y 之间的直接通径系数(P_{iy}) + 所有 x_i 与 y 的间接通径系数;任一自变量 x_i 对 y 的间接通径系数 = 相关系数(r_{ij}) × 通径系数(P_{jy});

总决定系数 $D = P_i + \sum r_{ij} P_i$;

直接决定系数 $D_i = P_i^2$;

间接决定系数 $D_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j$ 。

2 结果与分析

2.1 不同生长阶段杂交黄颡鱼脏器质量(m_v)及脏器指数的(I_v)比较

由表 1 可知,1、2、3、4 龄杂交黄颡鱼体质量的变异系数分别为 0.48、0.22、0.39、0.28;对脏器质量进行统计,结果显示 1、2、3、4 龄杂交黄颡鱼性腺质量的变异系数分别为 1.56、1.17、1.48、3.58,均为最大,1、3 龄肠长变异系数最小,分别为 0.35、0.36,2、4 龄鳔质量变异系数最小,分别为 0.25、0.26。

表 1 不同生长阶段杂交黄颡鱼脏器的变异系数

指标	变异系数			
	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄
体长	0.14	0.10	0.15	0.10
体质量	0.48	0.22	0.39	0.28
肠长	0.35	0.26	0.36	0.44
肠质量	0.67	0.40	0.52	0.29
性腺质量	1.56	1.17	1.48	3.58
肝质量	0.53	0.36	0.45	0.46
鳔质量	0.55	0.25	0.42	0.26
心脏质量	0.66	0.33	0.43	0.42
脾质量	0.77	0.51	0.68	0.53

由表 2 可知,杂交黄颡鱼 m_v 随年龄的增加而增加; I_v (肠长、肠、肝、鳔、心脏、脾)随年龄的增加先降低后增加;除 3 龄杂交黄颡鱼外, I_v (性腺)随年龄的增加而增加。 m_v 和 I_v 在不同生长阶段有一定程度

的差异,其中 1、2、3、4 龄个体间 m_v 除性腺外,其余脏器均达到显著差异水平($P < 0.05$);1、2、3、4 龄个体间只有 I_v (肠)和 I_v (心脏)均存在显著差异。

表 2 不同生长阶段杂交黄颡鱼脏器质量和脏器指数的多重比较

指标	脏器质量(g)				脏器指数			
	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄
体质量	21.79 ± 10.51a	88.28 ± 19.28b	167.43 ± 65.09c	406.63 ± 112.28d				
肠长	5.03 ± 1.77a	8.78 ± 2.30b	10.55 ± 3.83c	19.48 ± 8.55d	45.33 ± 15.68b	45.29 ± 11.42b	0.49 ± 0.18a	63.81 ± 27.61c
肠	0.15 ± 0.10a	0.31 ± 0.12b	0.50 ± 0.26c	1.70 ± 0.50d	0.75 ± 0.56d	0.35 ± 0.11b	0.01 ± 0.01a	0.44 ± 0.15c
性腺	0.02 ± 0.04a	0.25 ± 0.29a	0.28 ± 0.40a	5.66 ± 19.92b	0.12 ± 0.21a	0.27 ± 0.29a	0.01 ± 0.01a	1.05 ± 3.39b
肝	0.27 ± 0.14a	0.76 ± 0.27b	2.15 ± 0.96c	4.97 ± 2.29d	1.29 ± 0.46c	0.87 ± 0.27b	0.01 ± 0.01a	1.25 ± 0.66c
鳔	0.21 ± 0.11a	0.85 ± 0.21b	1.39 ± 0.59c	3.64 ± 0.95d	1.00 ± 0.54c	0.97 ± 0.16b	0.01 ± 0.01a	0.92 ± 0.17b
心脏	0.03 ± 0.02a	0.09 ± 0.03b	0.14 ± 0.06c	0.35 ± 0.15d	0.12 ± 0.06d	0.10 ± 0.04c	0.01 ± 0.01a	0.09 ± 0.03b
脾	0.04 ± 0.03a	0.13 ± 0.07b	0.34 ± 0.23c	0.50 ± 0.27d	0.20 ± 0.25c	0.15 ± 0.06b	0.01 ± 0.01a	0.13 ± 0.08b

注:同行数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

2.2 不同生长阶段杂交黄颡鱼脏器质量对体质量的影响

由表 3 可知,1 龄杂交黄颡鱼的肝质量与体质量的相关系数为 0.719,2 龄杂交黄颡鱼的鳔质量与体质量、脾质量与性腺质量的相关系数均为 0.654,3 龄杂交黄颡鱼的鳔质量与体质量的相关系数为 0.905,4 龄杂交黄颡鱼的鳔质量与体质量的相关系数为 0.770,都为各生长阶段中相关系数的最大值,相关性极显著($P < 0.01$);1 龄鱼的脏器质量与体质量的相关系数依次为肝质量 > 心脏质量 > 鳔质量 > 肠质量 > 性腺质量 > 脾质量;2 龄鱼的脏器质量与体质量的相关系数依次为鳔质量 > 脾质量 > 肠质量 > 肝质量 > 性腺质量 > 心脏质量;3 龄鱼的脏器质量与体质量的相关系数依次为鳔质量 > 心脏质量 > 肝质量 > 肠质量 > 脾质量 > 性腺质量;4 龄鱼的脏器质量与体质量的相关系数依次为鳔质量 > 心脏质量 > 肝质量 > 肠质量 > 性腺质量 > 脾质量。1 龄鱼除 m_v (性腺、脾)与 m_v (脏器)、 m_v (肝)与 m_v (肠)之间无显著相关性之外,其余 m_v (脏器)之间的相关性极显著;2 龄鱼除 m_v (心脏)与 m_v (肠、性腺、鳔、脾)之间无显著相关性外,其余 m_v 之间的相关性极显著;3 龄鱼除 m_v (性腺)与 m_v (肠)之间无显著相关性外,其他 m_v 之间的相关性极显著;4 龄鱼 m_v (脾)与 m_v (肠、性腺、肝)、 m_v (性腺)与 m_v (肠、鳔、心脏)之间无显著相关, m_v (脾)与 m_v (鳔、心脏)、 m_v (肠)与 m_v (肝)之间呈现显著相关,其余 m_v 之间的相关性极显著。

2.3 不同生长阶段杂交黄颡鱼脏器指数对体质量的影响

由表 4 可知,1 龄 I_v (肝)与 I_v (心脏)的相关系数为 0.256,2 龄 I_v (鳔)和 I_v (肠)的相关系数为 0.430,3 龄 I_v (心脏)和 I_v (肝)的相关系数为 0.522,4 龄 I_v (脾)和 I_v (性腺)的相关系数为 0.513,都为各生长阶段中相关系数的最大值。1 龄脏器指数与体质量的相关系数依次为心脏 > 肠长 > 性腺 > 鳔 > 肝 > 脾 > 肠,且均为负相关;2 龄脏器指数与体质量的相关系数依次为性腺 > 肠长 > 心脏 > 肝 > 脾 > 鳔 > 肠;3 龄脏器指数与体质量的相关系数依次为性腺 > 鳔 > 肠长 > 脾 > 心脏 > 肝 > 肠;4 龄脏器指数与体质量的相关系数依次为性腺 > 脾 > 肠 > 肠长 > 肝 > 鳔 > 心脏。1 龄除 I_v (肝)与 I_v (心脏)相关性极显著, I_v (肝)与 I_v (肠长)之间相关性显著($P < 0.05$)外,其余 I_v 之间无显著相关性;2 龄 I_v (肠长)与 I_v (性腺、肝)和 I_v (鳔)与 I_v (肠、脾)之间相关性极显著, I_v (鳔)与 I_v (肠长、性腺)和 I_v (心脏)与 I_v (性腺、肝、脾)之间相关性显著,其余 I_v 之间无显著相关性;3 龄除 I_v (性腺)与 I_v (脏器)、 I_v (鳔)与 I_v (肠长、肝、脾)无显著相关性, I_v (鳔)与 I_v (肠)显著相关外,其余 I_v 之间的相关性极显著;4 龄 I_v (性腺)与 I_v (肠长)、 I_v (心脏)与 I_v (肝)和 I_v (脾)与 I_v (肠、性腺)之间的相关性极显著, I_v (肠)与 I_v (肠长、心脏)、 I_v (性腺)与 I_v (鳔)和 I_v (肝)与 I_v (脾)之间呈现显著相关,其余 I_v 之间无显著相关性。

表 3 不同生长阶段杂交黄颡鱼各脏器质量的相关分析

年龄	指标	相关系数					
		肠质量	性腺质量	肝质量	鳔质量	心脏质量	脾质量
1 龄	体质量	0.264 **	0.116	0.719 **	0.640 **	0.672 **	0.094
	肠质量		0.078	0.126	0.273 **	0.270 **	0.088
	性腺质量			0.039	0.039	0.120	-0.146
	肝质量				0.387 **	0.546 **	0.009
	鳔质量					0.371 **	0.058
	心脏质量						0.034
2 龄	体质量	0.569 **	0.481 **	0.514 **	0.654 **	0.203 **	0.608 **
	肠质量		0.285 **	0.411 **	0.316 **	-0.122	0.540 **
	性腺质量			0.308 **	0.307 **	0.183	0.654 **
	肝质量				0.289 **	0.322 **	0.404 **
	鳔质量					0.079	0.409 **
	心脏质量						0.033
3 龄	体质量	0.440 **	0.341 **	0.648 **	0.905 **	0.761 **	0.348 **
	肠质量		0.077	0.415 **	0.424 **	0.422 **	0.339 **
	性腺质量			0.164 **	0.299 **	0.327 **	0.171 **
	肝质量				0.594 **	0.700 **	0.535 **
	鳔质量					0.731 **	0.361 **
	心脏质量						0.454 **
4 龄	体质量	0.390 **	0.358 **	0.485 **	0.770 **	0.642 **	0.134
	肠质量		0.045	0.229 *	0.424 **	0.365 **	0.043
	性腺质量			0.362 **	0.198	0.006	-0.093
	肝质量				0.331 **	0.417 **	0.036
	鳔质量					0.574 **	0.269 *
	心脏质量						0.269 *

注：*、** 分别表示显著($P<0.05$)、极显著($P<0.01$)相关。表 4 同。

2.4 不同生长阶段杂交黄颡鱼各脏器质量对体质量的决定作用

由表 5 可知,1 龄杂交黄颡鱼肝质量(0.164)和肝质量与心脏质量(0.139)是决定体质量的主要脏器指标,性腺质量与脾质量的决定程度最小,为-0.003,同时,各内脏器官对体质量的总决定系数为 0.821,误差对体质量的决定系数为 0.179;2 龄杂交黄颡鱼鳔质量(0.196)是决定体质量的主要性状,肠质量与心脏质量的决定程度最小,为-0.013,同时,各内脏器官对体质量的总决定系数为 0.973,误差对体质量的决定系数为 0.027,说明误差较小;3 龄杂交黄颡鱼鳔质量(0.516)是决定体质量的主要脏器指标,脾质量与鳔质量的决定程度最小,为-0.034,同时,各内脏器官对体质量的总决定系数为 0.852,误差对体质量的决定系数为 0.148;4 龄杂交黄颡鱼鳔质量(0.276)和鳔质量与心脏质量(0.205)是决定体质量的主要脏器指标,脾质量与鳔质量的决定程度最小,为-0.042,同时,各内脏器官对体质量的总决定系数为 0.854,误差对体质量的决定系数为 0.146。

2.5 脏器质量与体质量的多元线性回归分析

以脏器质量(x)为自变量、体质量(y)为因变量,采用逐步法剔除偏回归平方和无统计学意义的变量,建立多元回归方程。各自变量通过 SPSS 19.0 软件进行处理后,得到多元回归的参数估计值(表 6),通过标准化偏回归系数比较可以得出,1 龄杂交黄颡鱼肝质量与体质量相关性最强,2、3、4 龄杂交黄颡鱼鳔质量与体质量相关性最强。

3 讨论与结论

3.1 不同生长阶段杂交黄颡鱼脏器质量及脏器指数的比较

器官的相对生长与其生长发育的状态密切相关,可以直接反映生长强度^[25]。有研究结果表明,内脏器官的质量不仅与体质量有关,还跟动物品系、性别、月龄及周围环境相关^[26]。本研究对 1、2、3、4 龄杂交黄颡鱼的体质量和 m_v 、 I_v 、 L (肠)进行测量分析,结果显示,1 龄杂交黄颡鱼大部分脏器质量之间无显著差异,而 2 龄中除 m_v (心脏)与 m_v (肠、性腺、鳔、脾),3 龄中除 m_v (性腺)与 m_v (肠)外,2、3

表 4 不同生长阶段杂交黄颡鱼各脏器指数的相关分析

年龄	指标	相关系数						
		肠长	肠	性腺	肝	鳔	心脏	脾
1 龄	体质量	-0.152	-0.274 **	-0.172	-0.243 *	-0.191 *	-0.044	-0.259 **
	肠长		0.064	-0.098	0.178 *	-0.027	-0.098	0.065
	肠			0.170	0.161	0.125	0.121	0.094
	性腺				-0.086	0.012	0.104	-0.135
	肝					-0.013	0.256 **	-0.022
	鳔						-0.099	-0.001
	心脏							-0.070
2 龄	体质量	0.170	-0.561 **	0.322 **	-0.178	-0.450 **	-0.079	-0.355 **
	肠长		0.101	0.335 **	0.406 **	-0.232 *	-0.057	-0.143
	肠			-0.192	0.197	0.430 **	0.127	0.107
	性腺				0.097	-0.241 *	-0.227 *	-0.161
	肝					-0.043	0.288 *	0.047
	鳔						0.146	0.386 **
	心脏							0.216 *
3 龄	体质量	-0.153 **	-0.370 **	0.130 *	-0.329 **	-0.052	-0.279 **	-0.249 **
	肠长		0.386 **	-0.045	0.259 **	-0.031	0.163 **	0.177 **
	肠			-0.081	0.289 **	0.116 *	0.244 **	0.220 **
	性腺				-0.039	0.002	0.000	0.001
	肝					0.100	0.522 **	0.475 **
	鳔						0.229 **	0.087
	心脏							0.426 **
4 龄	体质量	-0.068	0.061	0.322 **	-0.116	-0.297 **	-0.405 **	0.227 *
	肠长		0.264 *	-0.275 **	0.029	-0.027	0.002	-0.083
	肠			0.052	0.154	-0.126	-0.262 *	0.282 **
	性腺				0.068	-0.219 *	-0.054	0.513 **
	肝					-0.083	0.327 **	0.199 *
	鳔						0.048	-0.121
	心脏							-0.164

龄杂交黄颡鱼 m_v 相关性极显著,4 龄杂交黄颡鱼除 m_v (脾)与 m_v 、 m_v (性腺)与 m_v (除肝外的其他脏器)、 m_v (肠)与 m_v (肝)外相关性极显著。在 I_v 中,3 龄各脏器间的相关性明显高于其他种龄杂交黄颡鱼, I_v (心脏)除与 I_v (性腺)无显著相关性外,与其他 I_v 间的相关性极显著。说明随年龄增长,心脏承载更大的运动量,而 3 龄的最适。试验结果验证了不同脏器在不同年龄之间的差异也有所不同, m_v 随着体质量的增加而增加,大部分 I_v 整体随体质量的增加而减小。

本研究结果表明,随着年龄的增加,杂交黄颡鱼的 m_v 呈上升趋势, I_v (脏器)除 I_v (性腺)外其余整体随着年龄的增加而减小。闵凡贵等对五指山小型猪的主要脏器进行比较分析,结果显示,随着动物年龄的增加,动物体质量和主要脏器质量明显增大,主要的脏器指数也明显减小^[16];陈俊蔚等对大黄鱼的内脏指标进行分析,结果显示,大黄鱼的 m_v (心脏、肝脏、性腺、鳔、胃肠)及 L (肠)随体质量

的增加而增加, I_v (心脏、鳔、胃肠)随体质量增加而趋于减小^[27],这与本研究结果相似。心脏作为脊椎动物循环系统的动力,主要是向器官、组织提供充足的血流量,以供应氧和各种营养物质,并带走代谢的终产物,使细胞维持正常的代谢和功能。杂交黄颡鱼的 I_v (心脏)随着年龄的增加而增加,可能与其生活习性相关,在这方面还需要进一步研究。

3.2 不同生长阶段杂交黄颡鱼脏器指标对体质量的影响

本研究对 1、2、3、4 龄杂交黄颡鱼脏器质量与体质量的相关性进行分析,证实脏器质量与体质量之间存在一定的相关性,相关性的 大小依脏器不同而有所差异。结果显示,1、2、3、4 龄杂交黄颡鱼的 m_v 显示出了一致的变化规律,除 1、4 龄 m_v (脾)和 1 龄 m_v (性腺)外,其余脏器质量对体质量的直接作用都呈现极显著正相关。 I_v 除 2 龄 I_v (肠长、性腺)、3 龄 I_v (性腺)、4 龄 I_v (肠、性腺、脾)外,其余脏器指数显示出了一致的变化规律,均与体质量呈负相关。除 3

表 5 不同生长阶段杂交黄颡鱼各脏器质量对体质量的决定作用

年龄	指标	决定系数							总决定系数
		肠长	肠质量	性腺质量	肝质量	鳔质量	心脏质量	脾质量	
1 龄	肠长	0.002	0.001	0.000	0.005	0.004	-0.001	0.001	0.821
	肠质量		0.003	0.001	0.006	0.012	0.010	0.001	
	性腺质量			0.009	0.003	0.003	0.007	-0.003	
	肝质量				0.164	0.115	0.139	0.001	
	鳔质量					0.134	0.085	0.005	
	心脏质量						0.099	0.003	
	脾质量							0.013	
2 龄	肠长	0.009	0.021	-0.040	0.007	0.011	-0.001	0.004	0.973
	肠质量		0.082	0.033	0.049	0.080	-0.013	0.048	
	性腺质量			0.040	0.026	0.054	0.014	0.040	
	肝质量				0.043	0.053	0.025	0.026	
	鳔质量					0.196	0.013	0.056	
	心脏质量						0.036	0.002	
	脾质量							0.024	
3 龄	肠长	0.001	0.027	0.000	0.003	0.009	0.002	-0.009	0.852
	肠质量		0.010	0.001	0.012	0.060	0.117	-0.004	
	性腺质量			0.005	0.003	0.029	0.006	-0.002	
	肝质量				0.216	0.125	0.029	-0.010	
	鳔质量					0.516	0.148	-0.034	
	心脏质量						0.020	-0.008	
	脾质量							0.004	
4 龄	肠长	0.056	0.011	0.044	0.040	0.049	0.027	0.002	0.854
	肠质量		0.004	0.002	0.005	0.029	0.016	-0.001	
	性腺质量			0.063	0.032	0.052	0.001	0.007	
	肝质量				0.031	0.061	0.050	-0.002	
	鳔质量					0.276	0.205	-0.042	
	心脏质量						0.115	-0.027	
	脾质量							0.022	

表 6 杂交黄颡鱼主要脏器质量与体质量的线性回归关系

年龄	指标	参数估计值	标准误	标准化值	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
1 龄	常量	1.749	1.456	—	1.202	0.230
	肝质量	30.040	5.127	0.405	5.859	0.000
	鳔质量	33.563	5.724	0.366	5.863	0.000
	心脏质量	196.338	42.934	0.314	4.573	0.000
2 龄	常量	25.233	6.244	—	4.041	0.000
	鳔质量	41.028	7.037	0.442	5.831	0.000
	肠质量	44.431	12.182	0.287	3.647	0.000
	性腺质量	13.124	4.958	0.200	2.647	0.010
	肝质量	14.727	5.590	0.207	2.635	0.010
3 龄	常量	16.594	4.463	—	3.719	0.000
	鳔质量	79.405	3.978	0.718	19.959	0.000
	心脏质量	156.935	45.795	0.141	3.427	0.001
	肝质量	9.900	2.466	0.147	4.015	0.000
	性腺质量	10.835	4.177	0.067	2.594	0.010
	脾质量	-18.857	8.223	-0.066	-2.293	0.023
4 龄	常量	82.237	30.702	—	2.679	0.010
	鳔质量	61.815	10.167	0.525	6.080	0.000
	心脏质量	259.518	64.887	0.339	4.000	0.000
	性腺质量	1.441	0.405	0.252	3.561	0.000

龄外,杂交黄颡鱼的 m_v (心脏)与 m_v (性腺)之间相关性不显著,主要是因为心脏一般与运动量有关,而性腺的发育和生殖相关。在表型相关分析的基础上,开展决定系数分析与通径系数分析时,只有当各自变量对依变量的单独决定系数及两两共同决定系数的总和在数值上 ≥ 0.85 时,才表明影响依变量的主要自变量已经找到^[28]。本研究中,1、2、3、4 龄杂交黄颡鱼测定的 7 个脏器指标的总决定系数分别为 0.821、0.973、0.852、0.854,由此可以说明,影响 2、3、4 龄杂交黄颡鱼体质量的主要脏器已被纳入。1 龄杂交黄颡鱼误差对体质量的决定系数为 0.179,可能与动物的营养状况有关^[29]。由于动物采用群养,定量投喂饲料,在争食过程中,弱小者由于长期不能获得足够的营养,可能会影响脏器的发育。本试验结果与其他文献报道的试验动物脏器质量和脏器系数的变化规律不尽相同,可能是品种间的差异引起的^[26]。

参考文献:

- [1] Pan J L, Ding S Y, Ge J C, et al. Development of cryopreservation for maintaining yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* sperm [J]. Aquaculture, 2008, 279 (1/2/3/4): 173–176.
- [2] 段中华, 孙建貽. 瓦氏黄颡鱼的繁殖生物学研究[J]. 水生生物学报, 1999, 23(6): 610–616.
- [3] Zhang G S, Yin S W, Wang Y Y, et al. The effects of water temperature and stocking density on survival, feeding and growth of the juveniles of the hybrid yellow catfish from *Pelteobagrus fulvidraco* (♀) × *Pelteobagrus vachelli* (♂) [J]. Aquaculture Research, 2016, 47(9): 2844–2850.
- [4] 王 武, 王 峰, 张东升. 江黄颡鱼的生物学[J]. 内陆水产, 2004, 29(4): 13–14.
- [5] 王卫民. 黄颡鱼与瓦氏黄颡鱼杂交育种初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2003.
- [6] 李 镒, 韩林强, 艾 丽, 等. 两种杂交黄颡鱼的生长与形态差异分析[J]. 水产养殖, 2016, 37(10): 29–35.
- [7] 甘 炼, 马旭洲, 张文博, 等. 瓦氏黄颡鱼和黄颡鱼仔、稚、幼鱼生长的比较[J]. 华南农业大学学报, 2008, 29(3): 71–74, 84.
- [8] 胡大雁, 周志金, 朱 强, 等. 杂交黄颡鱼和普通黄颡鱼抗鲑鱼爱德华氏菌病能力的评价[J]. 科学养鱼, 2016(11): 54–55.
- [9] 李西雨. 全雄和杂交黄颡鱼规模化人工繁殖和病害控制关键技术研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- [10] 张修彦, 詹纯列, 肖育华, 等. SPF 级 Balb/c 小鼠脏器质量、脏器系数、血常规、血生化指标的测定与比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(41): 7734–7737.
- [11] 恽时锋, 胡玉红, 田小芸. 不同品种实验兔主要脏器重量及脏器系数的研究[J]. 中国比较医学杂志, 2004, 14(6): 350–354.
- [12] 廖力夫, 黎 唯, 王 诚, 等. 灰仓鼠重要内脏器官生长指数及其变化[J]. 兽类学报, 2002, 22(4): 299–304.
- [13] 王东旭, 林 超, 万家余, 等. SPRN 转基因小鼠脏器质量和动物行为学的比较分析[J]. 中国兽医学报, 2011, 31(4): 614–618.
- [14] 张修彦, 詹纯列. Balb/c、KM、NIH 三种小鼠血常规、主要脏器质量、主要脏器系数的测定与比较[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(5): 962–964.
- [15] 韩芬茹. 四种实验动物脏器质量系数的测定[J]. 畜牧兽医杂志, 2006, 25(4): 1–3.
- [16] 闵凡贵, 潘金春, 袁 文, 等. 封闭群五指山小型猪主要脏器重量与体重的相关性分析[J]. 中国实验动物学报, 2009, 17(6): 445–447.
- [17] 角建林, 李进涛, 何保丽, 等. 封闭群滇南小耳猪体重和脏器重量的测定及其相关性分析[J]. 昆明医科大学学报, 2013, 34(1): 32–35.
- [18] 张谱华, 黄 韧, 程树军, 等. 实验比格犬主要脏器重量测定[J]. 上海实验动物科学, 2003, 23(3): 166–167, 170.
- [19] 何保丽, 刘汝文, 陈丽玲, 等. 树鼯脏器系数的测定及脏器重量与体重相关性的探讨[J]. 实验动物科学, 2008, 25(5): 17–19.
- [20] 谌 微, 王盼盼, 肖世俊, 等. 大黄鱼形态指标体系及雌雄差异分析[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2014, 19(6): 401–408.
- [21] 樊晓丽, 林植华, 卢 静, 等. 沙塘鳢形态特征的两性异形和雌性个体生育力[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2009, 28(6): 587–591, 623.
- [22] 唐忠林, 周国勤, 茆健强, 等. 黄颡鱼与瓦氏黄颡鱼的规模化杂交繁殖[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(10): 303–305.
- [23] 张佳佳, 张国松, 张宏叶, 等. 黄颡鱼(♀) × 瓦氏黄颡鱼(♂) 双亲及其杂交子代核型和营养成分分析[J]. 海洋渔业, 2017, 39(2): 149–161.
- [24] 杜家菊, 陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报, 2010, 45(2): 4–6.
- [25] 宁康健, 高树生, 吕锦芳, 等. 青脚麻鸡生长期内脏器官生长规律[J]. 当代畜牧, 2010(11): 6–8.
- [26] 孙建新, 安 娟, 连 军. 影响实验动物脏器重量及脏器系数因素分析[J]. 实验动物科学, 2009, 26(1): 49–51.
- [27] 陈俊蔚, 刘 洋, 谢仰杰, 等. 大黄鱼体重和内脏指标的相关性分析[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2016, 21(2): 87–93.
- [28] 黄伟卿, 余祚溅. 不同生长时期黄姑鱼形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 水产科学, 2016, 35(5): 557–561.
- [29] 钱 宁, 郭科男, 吴曙光, 等. 幼龄贵州小型猪体重与各脏器重量之间关系的回归分析[J]. 贵阳中医学院学报, 2007, 29(5): 12–14.