

不同养殖密度下吉富罗非鱼生长性状的通径分析

范立民^{1,2}, Kamira Barry¹, 宋超², 裘丽萍², 郑尧², 孟顺龙², 胡庚东², 陈家长^{1,2}, 徐跑^{1,2}

(¹南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081;

²中国水产科学研究院淡水渔业研究中心/农业部长江下游渔业生态环境监测中心/

中国水产科学研究院内陆生态环境和资源重点开放实验室, 江苏无锡 214081)

摘要:为研究不同养殖密度下吉富罗非鱼(GIFT)成鱼体长、全长、体高和体宽对体重的影响差别,采用单因素方差分析法研究不同养殖密度下罗非鱼生长性状之间的差别。采用通径分析的方法对各养殖密度下变量的重要性进行排序,对不显著变量进行了剔除。结果发现:除在养殖密度为18000尾/hm²和22500尾/hm²时体长和全长之间差异不显著($P>0.05$)外,其他指标在不同养殖密度间差异均极显著($P<0.01$);3个养殖密度下对体重影响最大的变量分别是体长(18000尾/hm²)、体宽(22500尾/hm²)、全长(27000尾/hm²),回归方程中,在养殖密度为22500尾/hm²时全长和体高被剔除,在养殖密度分别为18000尾/hm²和27000尾/hm²时体长被剔除。不同养殖密度下同日龄吉富罗非鱼的其他生长指标对体重的影响存在差别,在选育时应充分考虑。

关键词:养殖密度;吉富罗非鱼;生长性状;通径分析

中图分类号:S197.4

文献标志码:A

论文编号:casb14110027

Path Analysis for Growth-related Traits of GIFT Strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) under Different Stocking Densities

Fan Limin^{1,2}, Kamira Barry¹, Song Chao², Qiu Liping², Zheng Yao², Meng Shunlong²,

Hu Gengdong², Chen Jiazhang^{1,2}, Xu Pao^{1,2}

(¹Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi Jiangsu 214081;

²Freshwater Fisheries Research Centre, Chinese Academy of Fishery Sciences/Fishery Eco-Environment Monitoring Center of Lower Reaches of Yangtze River, Ministry of Agriculture/Key Open Laboratory of Ecological Environment and Resources of Inland Fisheries, Wuxi Jiangsu 214081)

Abstract: Four kinds of growth-related traits, which were body length, total length, body height and body width, were selected to study their effects on body weight of GIFT strain of Nile tilapia under different stocking densities. One way ANOVA was applied to analyze the differences of growth-related traits under different stocking densities. Path analysis was employed to study the importance of all variables. After removing variables without significant differences, the results showed that most of the growth-related traits under the three stocking densities were significantly different ($P<0.01$) except body length and the total length under the densities of 18000 fish/hm² and 22500 fish/hm² ($P>0.05$). Body weight of GIFT strain of Nile tilapia was mostly affected by body length, body width, and total length when the stocking densities were 18000 fish/hm²,

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目“罗非鱼精养池塘菌群区系动态变化初探及影响因素初探”(2013JBFM04);现代农业产业技术体系建设专项资金“国家罗非鱼产业技术体系专项资金”(CARS-49)。

第一作者简介:范立民,男,1978年出生,河北滦平人,助理研究员,博士,主要从事渔业生态环境保护技术方面的研究。通信地址:214081 江苏省无锡市山水东路9号 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, Tel: 0510-85559936, E-mail: fanlm@ffrc.cn。

通讯作者:徐跑,1963年出生,江苏丹阳人,研究员,博士生导师,博士,主要从事水产健康养殖及鱼类遗传育种学研究,通信地址:214081 江苏省无锡市山水东路9号 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, Tel: 0510-85557959, E-mail: xup@ffrc.cn; 陈家长,男,1964年出生,安徽无为,人,研究员,硕士生导师,硕士,主要从事渔业生态环境监测与保护、养殖环境修复、健康养殖、生态环境评价等方面的研究,通信地址:214081 江苏省无锡市山水东路9号 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, Tel: 0510-85551443, E-mail: chenjjz@ffrc.cn。

收稿日期:2014-11-05, **修回日期:**2015-01-20。

22500 fish/hm², and 27000 fish/hm², respectively. So in the regression equations, the variables without significant difference were also removed. They were the trait of total length at the density of 22500 fish/hm², the trait of body length at the densities of 18000 fish/hm² and 27000 fish/hm². To sum up, effects of growth-related traits on body weight were significantly different under different stocking densities of GIFT strain of Nile tilapia, and should be considered in breeding.

Key words: stocking density; GIFT strain of Nile tilapia; growth-related traits; path analysis

0 引言

吉富品系尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)于1994年首次引入中国^[1],由于具有生长速度快和容易起捕的特点,逐渐受到养殖户的认可^[2]。中国水产科学研究院淡水渔业研究中心于2006年从世界渔业中心(World Fish Center)引进了60个家系的吉富罗非鱼,经研究表明,该群体具有较大的生长差异和遗传多样性^[3-4],因此其仍然具有较大的选育潜力。已有研究表明,在不同的选育世代,吉富罗非鱼其他生长性状对体质量的影响有所不同^[5];同时在吉富罗非鱼不同性别^[5-6]和不同的生长阶段^[7]下,其他生长性状对体质量的影响也会不同。因此,研究不同条件下吉富罗非鱼体重与其他生长指标的关系对于吉富罗非鱼选育来说具有重要的意义。笔者拟研究同日龄鱼苗在不同放养密度下其他生长性状与体重之间的关系,为吉富罗非鱼选育提供参考。

通径分析是一种主要用于研究变量之间因果关系的统计方法^[8],是遗传育种工作者研究多个变量间相关关系的有力工具^[9]。在水产生物的遗传育种中,先后有学者在牙鲆^[9]、秀丽白虾^[10]、鲤鱼^[11]、中国对虾^[12]、大黄鱼^[13]等多个品种中应用通径分析来研究生长性状间的相互关系,为水产养殖优良品种的选育提供了重要的基础性数据。采用通径分析方法,研究基于不同养殖密度造成的不同养殖规格的吉富罗非鱼生长性状之间相关关系,将为吉富罗非鱼选育提供更为丰富的基础性数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验鱼来自淡水渔业研究中心岷亭养殖基地的3口面积均为0.13 hm²的矩形养殖池塘。2014年5月23日投放相同规格的5 cm左右的吉富罗非鱼鱼苗(鱼苗为2006年中国水产科学研究院淡水渔业研究中心从世界渔业中心引进的60个家系其中的一个家系,在2014年4月上旬孵化),3口池塘分别投放2400尾、3000尾和3600尾鱼苗。养殖过程中按相同的频率进行投喂,每次的投喂量依据罗非鱼吃食情况而定。2014年10月11日开始相继进行收获,最终饵料系数

分别为1.45、1.22和1.28。

1.2 测量方法

对分别从每个池塘随机选取的62尾、67尾和67尾吉富罗非鱼进行测量,测量指标包括体重(Y)、体长(x₁)、全长(x₂)、体高(x₃)、体宽(x₄),共5个性状。体重在感量为0.01 g的电子天平上进行测量,体长、全长、体高和体宽用游标卡尺进行测量。

1.3 数据分析

不同组别之间相同生长性状的单因素方差分析,不同生长性状的相关性分析以及其他生长性状对体重的通径分析均采用SPSS11.5进行,其中通径分析采用SPSS软件的线性回归模块进行分析^[14]。

文中剩余因子e的计算见式(1)。

$$e = \sqrt{1 - R^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:R²为回归方程的决定系数。

2 结果与分析

2.1 不同养殖密度下吉富罗非鱼的生长性状

表1分别显示了不同养殖密度下,吉富罗非鱼体长、全长、体高、体宽和体重等生长性状的表型参数结果。从表1可以看出,随着养殖密度增加各性状指标基本上呈下降趋势。从表1还可以看出,不同养殖密度下,吉富罗非鱼各生长性状的均数差异情况。除在养殖密度为18000尾/hm²和22500尾/hm²时体长和全长差异不显著外,其他各生长性状在3个养殖密度之间差异均极显著,表明同样日龄的吉富罗非鱼在不同养殖密度下5个主要生长性状基本上具有显著差别。

表1 不同养殖密度下吉富罗非鱼的生长性状

指标	18000尾/hm ²	22500尾/hm ²	27000尾/hm ²
体长/cm	26.0±1.0A	25.7±1.5A	23.9±0.9B
全长/cm	31.35±1.0A	30.9±1.8A	28.8±0.9B
体高/cm	11.2±0.5A	11.9±1.0B	10.5±0.3C
体宽/cm	5.4±0.3A	5.2±0.4B	5.0±0.2C
体重/g	757.1±93.0A	664.3±130.3B	591.0±51.2C

注:不同字母代表各养殖密度间1%水平的差异显著性。

2.2 不同养殖密度下吉富罗非鱼的生长性状的表型相关系数

表2为不同养殖密度下吉富罗非鱼体重、体长、全长、体高和体宽之间的表型相关系数。结果表明各生长性状与体重之间均呈正相关,不同养殖密度下生长性状之间的相关性不同,3个养殖密度(从低到高)下与体重相关性最大的分别是体长、体宽和全长。养殖密度为18000尾/hm²时,与体重相关的性状按照相关性由大到小依次为体长、体高、体宽、全长;养殖密度为22500尾/hm²时,与体重相关的性状按照相关性由大到小依次为体宽、全长、体长、体高;养殖密度为27000尾/hm²时,与体重相关的性状按照相关性由大到小依次为全长、体长、体高、体宽。

2.3 不同养殖密度下吉富罗非鱼的其他生长性状对体重影响的通径分析

表3为不同养殖密度情况下吉富罗非鱼的生长性状对体重影响的通径分析结果。不同的养殖密度下,自变量的重要性发生了比较大的变化。具体表现如下:在养殖密度为18000尾/hm²时,体长对体重的直接作用最大,体宽次之,同时体长通过体宽对体重的间接作用也较大,总体上直接作用起主要作用;在养殖密度为22500尾/hm²时,体宽对体重的直接作用较大,全长次之,体高的影响相对最小,而对间接作用的分析表明,只有体宽对体重的影响直接作用大于间接作用,全长和体高通过体宽对体重的间接作用就已经大于其各自对体重的直接作用,由此可以看出此规格的吉富罗非鱼

表2 不同养殖密度下5种生长性状的相关系数

养殖密度/(尾/hm ²)	自变量	体重	体长	全长	体高	体宽
18000	体重	1				
	体长	0.894**	1			
	全长	0.598**	0.580**	1		
	体高	0.790**	0.771**	0.486**	1	
	体宽	0.725**	0.550**	0.514**	0.561**	1
22500	体重	1				
	体长	0.786**	1			
	全长	0.835**	0.951**	1		
	体高	0.500**	0.561**	0.543**	1	
	体宽	0.853**	0.541**	0.615**	0.172	1
27000	体重	1				
	体长	0.693**	1			
	全长	0.758**	0.904**	1		
	体高	0.649**	0.316*	0.384	1	
	体宽	0.574**	0.310*	0.325**	0.205	1

注:*代表差异显著($P<0.05$),**代表差异极显著($P<0.01$)。

表3 不同养殖密度下其他生长性状对体重影响的通径分析

养殖密度/(尾/hm ²)	自变量	简单相关系数	通径系数 (直接作用)	间接通径系数(间接作用)				合计
				体长	全长	体宽	体高	
18000	体长	0.894	0.710		0	0.398	0	0.398
	体宽	0.725	0.334	0.184	0		0	0.184
22500	全长	0.835	0.356	0		0.389	0.110	0.499
	体宽	0.853	0.599	0	0.219		0.103	0.242
	体高	0.500	0.203	0	0.193	0.336		0.529
27000	全长	0.758	0.501	0		0.108	0.129	0.237
	体宽	0.574	0.332	0	0.163		0.079	0.242
	体高	0.649	0.388	0	0.192	0.068		0.260

注:0代表对应的是被排除的自变量。

体宽对体重的决定性作用;在养殖密度为27000尾/hm²时,全长对体重的直接作用最大,体高次之,最后为体宽,同时体宽和体高通过全长对体重的间接作用也比较大,因此对于该密度下的吉富罗非鱼来说全长对体重具有决定性作用,且直接作用大于间接作用。

综合来看,随着养殖密度的降低(对应同日龄吉富罗非鱼的规格逐渐增加),体宽对体重的影响经历了先增加后下降的过程,体高和全长对体重的重要性在逐渐下降,在18000尾/hm²时体长对体重的影响取代了全长和体高居于决定性的地位。

表4显示了在不同养殖密度下,通过通径分析剔

除了影响不显著的自变量后以体重(Y)为因变量的线性回归方程。其中 x_1 为体长、 x_2 为全长、 x_3 为体高、 x_4 为体宽。3个回归方程的剩余因子均比较大,因此对于这3种养殖密度下的吉富罗非鱼来说,仍有一些影响比较大的因素没有考虑到,对体重的全面分析有待进一步研究^[4]。而对3个回归方程的剩余因子进行详细分析可以看出,高的养殖密度(对应小规格吉富罗非鱼)和低的养殖密度(对应大规格吉富罗非鱼)均具有更高的剩余因子,表明越是极端规格(更大或更小)的吉富罗非鱼,研究其各生长指标对体重的影响时越要考虑更多的参数。

表4 不同养殖密度下其他生长性状对体重影响的回归方程

养殖密度/(尾/hm ²)	回归方程	剩余因子
18000	$Y = -1424.33 + 64.91x_1 + 92.22x_4$	0.351
22500	$Y = -1338.03 + 25.59x_2 + 26.13x_3 + 173.674x_4$	0.298
27000	$Y = -1128.29 + 26.08x_3 + 58.18x_4 + 371.21x_4$	0.422

3 结论

(1)相同日龄、不同养殖密度下,池塘养殖的吉富罗非鱼不仅在规格上会产生差异,其他生长性状对体重的影响情况也会不同,体宽指标在中间养殖密度下对体重的影响最大,体高和全长在较高养殖密度情况下对体重的影响最大,而体长指标在较低养殖密度时对体重的影响最大。

(2)在研究吉富罗非鱼其他生长指标对体重的影响时,在极端的养殖密度时(对应的极端吉富罗非鱼成鱼规格过大或过小),应该考虑更多的参数指标。

4 讨论

在吉富罗非鱼养殖过程中,不同的养殖密度造成拥挤胁迫程度的不同^[15-16]、饵料竞争程度不同^[17],这些原因通常必然会引起成鱼规格的不同。试验中,在养殖密度差距为4500尾/hm²的情况下,成鱼规格存在着显著的差异,由此造成了相同日龄、3个不同规格的成鱼群体。已有研究表明,不同的生长阶段对应的不同规格的吉富罗非鱼其生长性状之间的相关性不同^[7],而对于相同的生长阶段,由于不同养殖密度造成的成鱼规格不同的研究还未见报道,然而这样的研究对于吉富罗非鱼选育工作无疑是有意义的。笔者的研究显示不同养殖密度的相同日龄的成鱼群体间,存在着生长性状之间相关性的差异,这样的结果表明,在吉富罗非鱼选育工作中,应该考虑备选群体的生长环境,尤其是备选群体的养殖密度对选择指标的影响。在养殖密度较低时,应该充分考虑体长和体宽这2个变量对体

重的影响;随着养殖密度增加,选择全长来代替体长可能效果更好,同时体高指标应该列入备选变量。

研究对养殖具有影响的生长指标时,过高或过低的养殖密度下,需要考虑更多的生长指标的结果同样值得关注,因为在选育过程中选择评价指标是必不可少的环节,而过多的指标选择可能是不必要和不经济的,过少的指标选择可能达不到预期的效果,如果能够具体的成鱼规格与合理的指标选择之间建立更为详细和精确的对应关系,无疑对选育工作也是有意义的。

由于本研究中所用吉富罗非鱼规格的不同是由于养殖密度不同造成的,在相同的养殖密度下的不同吉富罗非鱼规格间其生长回归方程是否存在差别还有待进一步研究;另外由于研究中所选取的样本量有限,虽然也能够满足统计上的要求,但是如果能够选取更大的样本容量来讨论着个问题,应该能够得到更为细致的结果,加之本研究没有考虑雌雄群体之间的差别,因此,如果充分考虑到这些因素,所得到的结果对吉富罗非鱼选育实践应该具有更大的指导意义。

参考文献

- [1] 李思发.吉富品系尼罗罗非鱼引进史[J].中国水产,2001(10):52-53.
- [2] 何杰.吉富品系尼罗罗非鱼(GIFT)在池塘养殖条件下的生长试验[J].水产养殖,2008,29(5):13-14.
- [3] 董在杰,梁政远,刘介奇,等.我国新引进吉富品系尼罗罗非鱼群体的遗传多样性分析[J].动物学杂志,2010,45(5):129-135.
- [4] 董在杰,何杰,朱健,等.60个家系吉富品系罗非鱼初期阶段的生长比较[J].淡水渔业,2008,38(3):32-34.

- [5] 李灵玲,董在杰,苏胜彦,等.吉富罗非鱼家系选育3代后形态性状变异及其对体质量的影响[J].水产学报,2012,36(4):489-496.
- [6] 杨慧赞,林勇,唐章生,等.吉富罗非鱼生长性状的相关与通径分析[J].华北农学报,2011,26(S1):264-268.
- [7] 唐章生,林勇,杨慧赞,等.吉富罗非鱼生长模型研究[J].广东农业科学,2011(18):104-107.
- [8] 敬艳辉,邢留伟.通径分析及其应用[J].统计教育,2006(2):24-26.
- [9] 严福升,王志刚,刘旭东,等.3月龄牙鲆形态性状对体质量的通径分析[J].渔业科学进展,2010,31(2): 45-50.
- [10] 张敏莹,刘凯,段金荣,等.太湖秀丽白虾形态性状对体重影响的通径分析[J].中国农学通报,2010,26(21):417-421.
- [11] 佟雪红,董在杰,缪为民,等.建鲤与黄河鲤的杂交优势研究及主要生长性状的通径分析[J].大连水产学院学报,2007,22(3):159-163.
- [12] 董世瑞,孔杰,万初坤,等.中国对虾形态性状对体重影响的通径分析[J].海洋水产研究,2007,28(3):15-22.
- [13] 刘贤德,蔡明夷,王志勇,等.闽-粤东族大黄鱼生长性状的相关与通径分析[J].中国海洋大学学报:自然科学版,2008,38(6):916-920.
- [14] 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.
- [15] 强俊,杨弘,何杰,等.3种品系尼罗罗非鱼生长及高密度胁迫后生理响应变化的比较[J].中国水产科学,2014,21(1):142-152.
- [16] 强俊,徐跑,何杰,等.氨氮与拥挤胁迫对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼生长和肝脏抗氧化指标的联合影响[J].水产学报,2011,35(12): 1837-1848.
- [17] 朱佳杰,甘西,谢尔登,等.放养规格、养殖密度和水深对吉富罗非鱼养殖效果的影响[J].水产科技情报,2012,39(2): 99-101.