

文章编号: 1674 - 5566(2011)01 - 0063 - 08

斑点叉尾鲷家系育种核心群生长性能研究及优良亲本选择

秦 钦¹, 边文冀¹, 蔡永祥¹, 夏爱军¹, 孔 杰², 陈校辉¹, 黄太寿³,
王明华¹, 李潇轩¹, 朱锡和¹, 胡红浪³

(1. 江苏省淡水水产研究所, 江苏 南京 210017; 2. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 3. 全国水产技术推广总站, 北京 100026)

摘 要: 采集斑点叉尾鲷核心群个体 122 ~ 519 d 日龄的体长、体重数据及家系成活率数据。结果表明, 生长最快家系平均体重是最慢家系的 3.53 倍, 体重绝对增长率 (AGR_w) 范围为 0.94 ~ 3.32 g/d。多元方差分析 (MANOVA) 表明, 在收获体长和体重上, 不同家系存在极显著差异 ($P < 0.01$); 各家系生长日龄对各家系的体重、体长无显著影响 ($P > 0.05$)。单因素方差分析 (one-way ANOVA) 和多重比较 (Duncan) 结果表明: (1) 按 AGR_w 划分的 A、B、C 家系组间收获体重及 AGR_w 存在极显著差异 ($P < 0.01$), 生长快速 A 组含 20 个家系, 其平均收获体重及 AGR_w 显著高于核心群家系总平均值; (2) 10 个杂交组合产生家系生长性能差异极显著 ($P < 0.01$), 03 × 97、04 × 97、01 × 03 产生家系具有明显生长优势, 平均收获体重分别比核心群家系总平均值提高了 20.95%、19.47% 和 14.42%, 平均 AGR_w 分别比其提高了 20.66%、19.81% 和 15.74%; (3) 5 个父本地理群体产生家系收获体重、 AGR_w 差异显著 ($P < 0.05$), 04 和 97 父本群体产生家系生长优势明显; 5 个母本地理群体产生家系生长性能差异不显著 ($P > 0.05$), 03 母本群体产生家系生长速度较快。采用核心群个体体重 (W) 和体长 (L) 数据进行幂函数曲线拟合, 拟合方程为 $W = 0.0281 L^{2.7552}$ ($R^2 = 0.9903$), 核心群个体处于异速生长阶段。

研究亮点: 项目组 2007 年开始开展斑点叉尾鲷家系育种工作, 经过两年的繁育及育种养成研究, 分析比较了核心群家系生长性能, 选择出优良亲本繁育组合。对最新育种成果进行了分析总结, 可指导各良种场进行育种中试, 具有理论价值和现实意义。
关键词: 斑点叉尾鲷; 家系育种; 核心群; 生长性能; 后裔鉴定
中图分类号: S 917
文献标识码: A

斑点叉尾鲷 (*Ictalurus punctatus*) 亦称美洲鲶、沟鲶, 属于鲶形目, 鲶科, 为美国主要淡水养殖鱼类。自 1984 年首次引入我国, 目前已推广到江苏、四川、江西、湖北、安徽等 20 多个省市, 为我国重要的淡水养殖对象之一。

我国斑点叉尾鲷产业发展初期, 产品主要依靠加工出口, 对美国本土养殖业形成了一定的冲击。1998 年美国启动系统育种计划, 限制种质出口, 导致我国进口苗种的遗传基础狭窄, 加之繁育中的近亲交配和小群体繁殖, 部分斑点叉尾鲷

种质退化现象严重, 养殖中出现生长速度减慢、病害频发等现象。近年来, 斑点叉尾鲷养殖中种质衰退现象日益严重, 制约了产业发展。如何利用现有的种质资源, 培育适合我国养殖的新品种, 是我们亟待解决的问题。

为改良斑点叉尾鲷种质, 我国分别于 1997、1999、2001、2003 和 2004 年从美国补充斑点叉尾鲷苗种^[1]。家系育种通过设计多代连续杂交系统, 严格控制近亲交配, 大规模构建家系, 并选择生长率、成活率等目的性状表现优良的家系, 持

收稿日期: 2010-04-11 修回日期: 2010-05-24

基金项目: 江苏省科技厅项目 (BE2008382 - 1); 江苏省水产三项工程项目 (P2009 - 16、BZ2009 - 12)

作者简介: 秦 钦 (1980 -), 女, 助理研究员, 主要从事水产动物遗传育种及生态养殖方面的研究。E-mail: qinqinapple1980@163.com

通讯作者: 边文冀, E-mail: JS6060@sina.com

续改良种质,逐代提高产量和质量,选育出具有稳定优良性状的新品种。家系育种在虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*)^[2]、大西洋鲑 (*Salmosalar*)^[3] 和鲤 (*Cyprinus carpio*)^[4] 等鱼类育种中取得显著效果。

后裔鉴定 (progeny testing) 是依据后代的质量而对其亲本作出评价的有效选择方法^[5]。其在家畜育种中广泛应用^[6-7],结果可直接应用于繁育和生产,加快育种进程;在鱼类育种中的应用尚处于研究阶段^[8]。

本课题组 2007 年至今,深入开展斑点叉尾鲷家系育种工作,现对 2008 年构建斑点叉尾鲷家系的育种核心群生长结果加以比较分析,选择生长性能优异的家系,并通过子代生长性能,选择优势繁育组合和亲本优良种质。

1 材料与方法

1.1 亲本种群来源

依据全国水产推广总站调研结果,项目组先后引进我国 5 个地理群体斑点叉尾鲷亲本,分别为 97 德克萨斯群体、99 阿肯色群体、01 密西西比群体、03 阿肯色群体及 04 阿肯色群体,年代表示群体出生时间,地名表示原种来源州名。具体引进亲本种群及数量见表 1。引入亲本先进行隔离保种,通过免疫检验后,每尾亲鱼均注入一枚身份唯一的电子标记,放入土池混养强化培育。

表 1 引进亲本种群及数量
Tab. 1 The geographic populations and number of introduced parents

地理群体	数量	良种场
97 德克萨斯	44	江苏泰兴水产良种场
99 阿肯色	44	江苏泰兴水产良种场
01 密西西比	42	江苏泰兴水产良种场
03 阿肯色	40	江西峡江斑点叉尾鲷良种场
04 阿肯色	46	江苏泰兴水产良种场

1.2 定向交配及家系构建

2008 年 5-6 月,设计 25 种交配组合,其中 5 个地理群体间杂交组合 20 个、群体内自交组合 5 个,利用配种车间独立的配种池,1 雄 1 雌定向配组斑点叉尾鲷亲鱼,自然产卵。利用孵化车间独立的孵化槽,水温 20~26℃ 流水孵化卵块,构建斑点叉尾鲷家系 68 个,最早建立家系与最晚建立家系相差 19 d。

1.3 核心群家系培育及数据采集

仔苗孵出 2~3 d,每家系取苗种 1 000 尾,移入苗种培育车间培育池 (3.12 m × 0.92 m × 0.6 m) 进行仔鱼标准化分池培育,养殖用水 pH 为 7.6、溶解氧 > 4 mg/L、NO₂⁻-N 为 0.2 mg/L、NH₄⁺-N 为 0.3 mg/L,水流量为 0.2 m³/h,24 h 微充气,以浮游动物为开口饵料,逐步诱食配合饲料。稚苗日龄约 30 d,转食人工配合饲料成功后,随机选取每家系 500 尾苗种,移入室外中间培育水泥池 (3 m × 2 m × 1 m) 进行稚鱼标准化分池培育。家系平均日龄 122 d,筛选生长及成活性状表现良好的 54 个家系,随机抽取鱼种 50 尾/家系、合计 2 700 尾,注射电子标记,记录每尾鱼的家系编号、标识号码、标记时间、体重、体长等信息,转入基地 0.67 hm² 土池混养,进行幼鱼标准化混合培育。家系平均日龄 519 d,核心群个体达商品鱼规格,采集核心群个体体重、体长及家系成活率数据。培育过程中注意充气、换水、投饵、防病,加强日常管理,保持良好培育条件。

1.4 数据处理

利用 SPSS 软件,对数据进行统计分析。以家系为固定因子、收获体重和体长为因变量、日龄为协变量,进行多元方差分析 (MANOVA),检验收获时不同家系体长、体重差异的统计学意义及家系日龄对家系生长性能的影响。采用 122 d 和收获体重数据计算混养期间家系体重绝对增长率,见公式 (1):

$$AGR_w = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1) \quad (1)$$

式中: AGR_w 为体重绝对增长率 (g/d); W_1 和 W_2 分别为时间 t_1 和 t_2 时的体重。

以体重绝对增长率将 54 个斑点叉尾鲷家系划分为 A、B、C 3 个组,分别代表生长快速、生长中速、生长慢速组;并分别按繁育组合、父本地理群体、母本地理群体将 54 个家系分组。单因素方差分析 (one-way ANOVA) 检验各分类家系组间收获体重、体重绝对增长率、成活率均值差异显著性,并用 Duncan 法进行多重比较。利用曲线参数估计法,对整个斑点叉尾鲷育种核心群做个体体重 (W) 和体长 (L) 的幂函数曲线拟合 $W = aL^b$,建立体长体重的幂函数关系,计算决定系数 R^2 值,并做出体长和体重关系拟合曲线。

2 结果

2.1 家系生长性能比较

54 个家系中包括杂交家系 49 个,自交家系 5 个。家系生长及成活数据采集结果如表 2,122 d 家系个体体重分布范围为 (15.75 ± 5.39) ~

(62.81 ± 20.88) g。家系个体收获体重分布范围为 (390.00 ± 171.86) ~ (1376.31 ± 314.27) g, 核心群家系总平均收获体重为 (975.01 ± 217.91) g; 家系个体收获体长分布范围为 (35.22 ± 3.47) ~ (48.49 ± 3.41) cm, 核心群家系总平均收获体长为 (43.69 ± 2.49) cm。

表 2 斑点叉尾鲷家系生长性能及成活率比较

Tab.2 Comparison of growth performance and survival rate on 54 families of channel catfish (*Ictalurus punctatus*)

家系组	家系序号	家系	杂交组合 (♀ × ♂)	122 d 体长 (cm)	收获体长 (cm)	122 d 体重 (g)	收获体重 (g)	收获日龄	绝对增重率 (g/d)	存活率 (%)
A	1	084-2-2	03 × 97	13.90 ± 1.14	46.97 ± 2.99	43.03 ± 11.40	1 369.00 ± 262.92	522	3.32 ± 0.64	70
	2	087-2-1	04 × 97	15.43 ± 1.66	47.00 ± 3.37	62.81 ± 20.88	1 376.31 ± 314.27	522	3.31 ± 0.75	84
	3	084-2-1	03 × 97	15.19 ± 1.45	48.49 ± 3.41	56.58 ± 18.44	1 333.05 ± 301.22	526	3.24 ± 0.73	82
	4	084-1-3	97 × 03	14.99 ± 1.63	46.49 ± 3.03	56.93 ± 20.43	1 333.54 ± 362.97	522	3.22 ± 0.88	82
	5	087-1-3	97 × 04	15.57 ± 1.66	47.61 ± 4.64	59.06 ± 18.80	1 264.47 ± 370.50	517	3.06 ± 0.90	76
	6	0814-1	03 × 03	14.79 ± 1.36	47.11 ± 3.20	50.00 ± 15.64	1 232.16 ± 313.36	522	3.00 ± 0.77	88
	7	087-2-6	04 × 97	13.81 ± 1.15	46.32 ± 3.08	40.15 ± 10.85	1 211.18 ± 262.06	513	2.94 ± 0.64	68
	8	086-1-2	01 × 03	14.07 ± 1.23	45.49 ± 2.73	45.32 ± 14.14	1 200.00 ± 264.74	516	2.93 ± 0.65	94
	9	086-1-3	01 × 03	14.07 ± 1.37	45.31 ± 2.55	43.23 ± 14.07	1 192.71 ± 228.72	516	2.93 ± 0.57	96
	10	081-2-4	99 × 97	14.75 ± 1.70	46.39 ± 3.30	52.19 ± 22.77	1 199.74 ± 325.78	522	2.91 ± 0.78	76
	11	0810-1-1	03 × 04	15.33 ± 1.17	46.55 ± 2.61	57.83 ± 14.86	1 212.17 ± 217.98	522	2.91 ± 0.53	84
	12	087-1-1	97 × 04	14.83 ± 1.23	46.09 ± 3.46	49.36 ± 13.63	1 200.18 ± 321.56	522	2.89 ± 0.78	68
	13	084-2-4	03 × 97	14.53 ± 1.93	45.95 ± 4.43	53.13 ± 21.72	1 206.76 ± 395.29	518	2.89 ± 0.95	74
	14	085-2-1	03 × 99	13.88 ± 1.49	45.24 ± 3.84	43.22 ± 14.43	1 172.62 ± 332.90	512	2.84 ± 0.81	84
	15	087-1-2	97 × 04	15.05 ± 1.73	46.05 ± 4.24	50.74 ± 17.76	1 129.88 ± 298.97	522	2.70 ± 0.71	80
	16	087-2-3	04 × 97	14.25 ± 1.62	44.27 ± 4.41	48.41 ± 19.89	1 111.45 ± 396.67	517	2.70 ± 0.97	88
	17	082-2-2	01 × 97	15.00 ± 1.54	44.59 ± 4.17	54.22 ± 19.50	1 121.53 ± 377.14	526	2.69 ± 0.91	98
	18	083-1-1	99 × 01	14.73 ± 1.35	44.52 ± 3.27	56.48 ± 16.34	1 104.02 ± 304.36	517	2.63 ± 0.73	92
	19	0810-1-2	03 × 04	12.79 ± 1.56	44.10 ± 3.24	33.50 ± 16.04	1 061.33 ± 316.17	522	2.62 ± 0.78	60
	20	0810-2-1	04 × 03	13.40 ± 2.09	43.90 ± 3.42	43.25 ± 25.13	1 053.63 ± 282.23	522	2.56 ± 0.67	80
B	21	084-1-2	97 × 03	14.66 ± 1.52	44.20 ± 4.22	52.00 ± 18.61	1 049.55 ± 413.99	527	2.51 ± 1.01	88
	22	088-1-1	99 × 04	14.88 ± 1.38	45.45 ± 3.62	52.12 ± 14.92	1 007.75 ± 257.28	526	2.43 ± 0.63	80
	23	0814-2	03 × 03	13.82 ± 1.39	44.78 ± 3.16	47.14 ± 16.71	1 011.44 ± 258.38	513	2.42 ± 0.62	90
	24	085-1-5	99 × 03	12.92 ± 1.34	43.93 ± 2.47	31.35 ± 11.49	966.63 ± 233.81	516	2.38 ± 0.58	86
	25	084-1-1	97 × 03	14.51 ± 1.63	44.67 ± 3.96	48.51 ± 16.47	987.02 ± 322.47	528	2.36 ± 0.78	84
	26	084-2-3	03 × 97	14.18 ± 1.76	44.02 ± 3.66	44.52 ± 17.03	975.80 ± 309.07	518	2.33 ± 0.74	88
	27	089-2-2	04 × 01	13.64 ± 1.33	44.68 ± 4.13	39.23 ± 12.81	957.50 ± 320.44	518	2.31 ± 0.79	76
	28	085-2-3	03 × 99	13.87 ± 1.77	44.67 ± 3.75	42.73 ± 19.80	962.79 ± 337.23	517	2.31 ± 0.80	86
	29	086-2-2	03 × 01	13.04 ± 1.31	43.59 ± 3.77	37.14 ± 12.01	954.20 ± 306.05	512	2.30 ± 0.74	88
	30	089-1-1	01 × 04	13.00 ± 1.69	43.74 ± 4.29	34.33 ± 15.84	942.00 ± 342.49	526	2.30 ± 0.84	70
	31	085-1-7	99 × 03	13.78 ± 1.14	43.47 ± 3.58	40.03 ± 11.13	940.47 ± 276.36	516	2.25 ± 0.67	64
	32	083-1-2	99 × 01	14.10 ± 1.00	43.79 ± 3.19	43.01 ± 9.54	933.79 ± 260.39	522	2.23 ± 0.64	66
	33	088-1-2	99 × 04	14.68 ± 1.28	43.25 ± 4.32	54.73 ± 16.93	934.38 ± 345.03	518	2.22 ± 0.85	80
	34	0815-1	04 × 04	14.57 ± 2.48	43.60 ± 4.40	43.97 ± 13.77	926.63 ± 346.71	522	2.21 ± 0.84	86
	35	085-2-2	03 × 99	13.03 ± 1.39	43.63 ± 3.66	35.13 ± 11.53	887.91 ± 259.31	517	2.14 ± 0.63	86
	36	089-2-1	04 × 01	13.58 ± 1.05	42.49 ± 2.99	37.57 ± 9.56	875.13 ± 271.14	522	2.13 ± 0.67	78
	37	087-2-4	04 × 97	12.11 ± 0.69	42.90 ± 2.76	25.53 ± 4.45	860.63 ± 199.11	512	2.13 ± 0.50	80
	38	089-1-2	01 × 04	13.85 ± 1.32	42.93 ± 3.36	43.92 ± 14.11	877.32 ± 242.31	522	2.10 ± 0.58	82
	39	085-1-2	99 × 03	13.82 ± 1.58	42.40 ± 4.92	42.44 ± 16.53	852.66 ± 357.07	518	2.03 ± 0.86	94
	40	0810-2-4	04 × 03	12.72 ± 1.34	42.46 ± 4.67	32.90 ± 11.18	840.44 ± 343.03	512	2.03 ± 0.84	96
	41	082-2-3	01 × 97	12.13 ± 0.68	42.35 ± 2.30	25.54 ± 4.36	815.93 ± 182.96	512	2.01 ± 0.46	86
	42	081-1-1	97 × 99	13.71 ± 1.56	41.56 ± 4.94	40.60 ± 14.98	822.78 ± 343.46	529	1.97 ± 0.83	72
	43	083-2-1	01 × 99	14.19 ± 1.13	42.14 ± 3.50	43.73 ± 10.67	797.21 ± 236.62	526	1.91 ± 0.58	86

· 续上表 ·

家系组	家系序号	家系	杂交组合 (♀ × ♂)	122 d 体长 (cm)	收获体长 (cm)	122 d 体重 (g)	收获体重 (g)	收获日龄	绝对增重率 (g/d)	存活率 (%)
C	44	081-2-9	99 × 97	12.49 ± 1.66	41.41 ± 4.06	29.51 ± 12.38	760.49 ± 281.69	516	1.83 ± 0.68	82
	45	081-2-3	99 × 97	12.55 ± 1.17	40.66 ± 3.29	29.48 ± 9.02	753.28 ± 255.92	518	1.82 ± 0.62	64
	46	081-2-2	99 × 97	11.83 ± 1.04	40.51 ± 4.26	24.17 ± 6.67	742.43 ± 268.60	522	1.80 ± 0.66	74
	47	0815-2	04 × 04	12.92 ± 1.03	40.86 ± 3.14	31.77 ± 8.72	716.05 ± 227.95	522	1.72 ± 0.56	86
	48	0810-2-2	04 × 03	12.23 ± 1.78	40.40 ± 4.76	24.94 ± 11.46	706.63 ± 341.74	516	1.71 ± 0.84	80
	49	0812-1	99 × 99	13.60 ± 1.30	40.33 ± 3.20	37.30 ± 10.86	700.83 ± 218.24	522	1.66 ± 0.52	84
	50	082-1-2	97 × 01	13.76 ± 1.60	40.94 ± 3.79	36.73 ± 13.25	700.00 ± 293.53	516	1.66 ± 0.71	68
	51	083-1-3	99 × 01	13.05 ± 1.59	40.11 ± 4.40	30.72 ± 12.25	672.50 ± 319.36	516	1.60 ± 0.78	76
	52	083-1-4	99 × 01	11.68 ± 1.03	39.65 ± 3.96	20.43 ± 4.32	650.44 ± 259.34	513	1.58 ± 0.65	68
	53	082-1-3	97 × 01	12.19 ± 1.33	39.96 ± 4.86	26.93 ± 8.25	592.04 ± 250.99	512	1.42 ± 0.61	48
	54	088-2-1	04 × 99	10.26 ± 0.86	35.22 ± 3.47	15.75 ± 5.39	390.00 ± 171.86	522	0.94 ± 0.42	54

多元方差分析 (MANOVA) 结果见表 3, 多元检验中 Wilk's Lambda = 0.595, $P(\text{Sig} = 0) < 0.01$, Hotelling's Trace = 0.614, $P(\text{Sig} = 0) < 0.01$, 说明就整体而言在收获体长和体重上, 不同家系存

在极显著差异。由日龄的 Roy's Largest Root 来看, 各家系收获日龄 (day) 对各家系的收获体重、体长无显著影响 $P(\text{Sig} = 1) > 0.05$, 各家系由于日龄不同而对生长产生的影响可以忽略不计。

表 3 斑点叉尾鲷家系收获测量因子 (体长、体重和日龄) 的多元检验

Tab. 3 Multivariate tests of families factor (body-length, body weight and day) of *Ictalures punctatus*

实验效应	统计量	界值	F 值	假设自由度	误差自由度	显著性
截距 <i>i</i>	Wilks' Lambda	0.960	43.205	2.000	2 095.000	0.000
日龄	Roy's Largest Root	0.000	0.000	2.000	2 094.000	1.000
家系	Wilks' Lambda	0.595	11.934	104.000	4 190.000	0.000
	Hotelling's Trace	0.614	12.361	104.000	4 188.000	0.000

核心群混养期间, 各家系体重绝对增长率数据呈连续分布, 分布范围为 $(0.94 \pm 0.42) \sim (3.32 \pm 0.64)$ g/d, 平均为 (2.35 ± 0.53) g/d; 家系个体成活率为 48% ~ 98%。Pearson 相关分析表明, 家系个体成活率与家系体重绝对增长率存在着正相关关系, 相关系数 $r = 0.311$, $P(\text{Sig} = 0.022) < 0.05$, 具有统计学意义。

按体重绝对增长率全距范围将家系划分为 3 组, 如表 1。组距为 0.793 g/d, A 组为生长快速组, 体重绝对增长率划分范围为 2.52 ~ 3.32 g/d, B 组为生长中速组, 体重绝对增长率划分范围为 1.73 ~ 2.52 g/d, C 组为生长慢速组, 体重绝对增长率划分范围为 0.94 ~ 1.73 g/d。方差分析结果见表 4, A、B、C 组间收获体重及体重绝对增长率存在极显著差异 ($P < 0.01$)。A 组平均收获体重及体重绝对增长率分别为 $(1 204.29 \pm 94.56)$ g 和 (2.91 ± 0.23) g/d, 显著高于核心群家系总平均值 ($P < 0.05$), 分别比其提高了 23.51% 和 23.83%。B 组平均收获体重及体重绝对增长率

为 (901.39 ± 84.56) g 和 (2.17 ± 0.20) g/d, 比核心群家系总平均值略低, 但无显著差异 ($P > 0.05$)。C 组平均收获体重及体重绝对增长率分别为 (641.06 ± 109.20) g 和 (1.54 ± 0.26) g/d, 显著低于核心群家系总平均值 ($P < 0.05$)。3 家系组成活率无显著差异 ($P > 0.05$), A、B 家系组平均成活率分别为 81.20 ± 10.08 和 81.23 ± 8.65 , 与核心群家系平均成活率相近, C 家系组成活率较低为 70.50 ± 13.80 。

2.2 不同杂交组合家系生长性能比较

54 个家系归为 13 个繁育组合类别, 其中自交组合 3 个, 杂交组合 10 个, 生长及成活数据见表 5。ANOVA 分析表明, 不同杂交组合类别间家系收获体重、体重绝对增长率差异极显著 ($P < 0.01$), 成活率差异不显著 ($P > 0.05$)。03 × 97、04 × 97、01 × 03 杂交组合构建家系具有明显生长优势, 平均收获体重分别为 $(1 179.25 \pm 172.91)$ g、 $(1 164.87 \pm 160.55)$ g 和 $(1 115.64 \pm 139.86)$ g, 分别比核心群家系总平均值提高了 20.95%、

19.47%和14.42%;平均体重绝对增长率分别为(2.84±0.44) g/d、(2.82±0.37) g/d和(2.72±0.36) g/d,分别比核心群家系总平均值提高了20.66%、19.81%和15.74%。03×04、03×99和04×01杂交组合构建家系体重绝对增长率为(2.21±0.11)~(2.37±0.49) g/d,与核心群家

系总平均水平相近;其余4个杂交组合构建家系平均生长速度显著低于3种优势杂交组合,体重绝对增长率为(1.86±0.81)~(2.07±0.48) g/d,比核心群家系总平均值降低了11.83%~20.85%。

表4 3家系组收获体重、体重绝对增长率和成活率的方差分析结果

Tab.4 Result of one-way ANOVA on 3 family groups' harvest body weight, AGR_w and survival rate

家系分组	家系数(个)	收获体重(g)	混养绝对增重率(g/d)	成活率(%)
A	20	1 204.29 ± 94.56 ^a	2.91 ± 0.23 ^a	81.20 ± 10.08
B	26	901.39 ± 84.56 ^b	2.17 ± 0.20 ^b	81.23 ± 8.65
C	8	641.06 ± 109.20 ^c	1.54 ± 0.26 ^c	70.50 ± 13.80
家系总体	54	975.01 ± 217.91 ^b	2.35 ± 0.53 ^b	79.63 ± 10.57

注:a、b、c不同表示具显著性差异($P < 0.05$)。

表5 不同杂交组合子代生长比较

Tab.5 Comparison of growth performance and survival rate on offspring of different cross combinations

杂交组合	家系数	收获体重(g)	混养绝对增重率(g/d)	成活率(%)
03×97	7	1179.25 ± 172.91 ^a	2.84 ± 0.44 ^a	81.14 ± 6.82
04×97	7	1 164.87 ± 160.55 ^a	2.82 ± 0.37 ^a	77.71 ± 7.61
01×03	3	1 115.64 ± 139.86 ^{ab}	2.72 ± 0.36 ^{ab}	92.67 ± 4.16
03×04	5	974.84 ± 200.01 ^{abc}	2.37 ± 0.49 ^{abc}	80.00 ± 12.96
03×99	6	963.85 ± 111.60 ^{abc}	2.33 ± 0.28 ^{abc}	83.33 ± 10.09
04×01	4	912.99 ± 42.93 ^{abc}	2.21 ± 0.11 ^{abc}	76.50 ± 5.00
99×97	5	855.74 ± 194.83 ^{cd}	2.07 ± 0.48 ^{cd}	73.60 ± 6.54
99×01	5	831.59 ± 189.72 ^d	1.99 ± 0.45 ^d	77.60 ± 11.26
01×97	4	807.38 ± 228.52 ^d	1.95 ± 0.55 ^d	75.00 ± 21.82
99×04	3	777.38 ± 337.48 ^d	1.86 ± 0.81 ^d	71.33 ± 15.01

注:a、b、c、d不同表示具显著性差异($P < 0.05$)。

2.3 家系生长性能对亲本群体的选择

依父本地理群体类别将杂交构建家系分为5组,生长及成活数据见表6。ANOVA分析表明,父本不同地理群体类别间家系收获体重、体重绝对增长率差异显著($P < 0.05$),成活率差异不显著($P > 0.05$)。父本类别为04和97群体的家系组生长优势明显,平均收获体重分别为(1 059.83 ± 237.21) g和(1 069.94 ± 138.93) g,分别比核心群家系总平均值提高了8.70%和9.74%;平均体

重绝对增长率分别为(2.57 ± 0.57) g/d和(2.58 ± 0.34) g/d,分别比核心群家系总平均值提高了9.36%和9.79%。父本类别为03群体的家系组体重绝对增长率为(2.45 ± 0.45) g/d,与核心群家系总平均水平相近;父本类别为01和99群体的家系组平均生长速度显著低于2种优势杂交组合,体重绝对增长率分别为(1.98 ± 0.42) g/d和(2.02 ± 0.62) g/d,分别比核心群家系总平均值降低了14.04%和15.74%。

表6 不同地理群体类别父本子代生长及成活率比较

Tab.6 Comparison of growth performance and survival rate on offspring of different geographic population male parents

父本	家系数(个)	收获体重(g)	混养绝对增重率(g/d)	成活率(%)
97	14	1 059.83 ± 237.21 ^a	2.57 ± 0.57 ^a	79.57 ± 9.19
99	6	838.89 ± 257.93 ^b	2.02 ± 0.62 ^b	78.00 ± 12.96
01	9	826.62 ± 176.79 ^b	1.98 ± 0.42 ^b	73.33 ± 13.00
03	11	1 011.21 ± 181.77 ^{ab}	2.45 ± 0.45 ^{ab}	85.82 ± 9.53
04	9	1 069.94 ± 138.93 ^a	2.58 ± 0.34 ^a	75.56 ± 7.92

注:a、b不同表示具显著性差异($P < 0.05$)。

依母本地理群体类别将杂交构建家系分为5组,生长及成活数据见表7。5个家系组平均收获体重分布范围为(886.04 ± 166.09) ~ (1 113.56 ± 168.68) g,体重绝对增长率分布范围为(2.13 ± 0.40) ~ (2.69 ± 0.41) g/d。ANOVA分析表明,不同母本群体类别家系组收获体重、体重绝对增长率及成活率差异均不显著($P > 0.05$)。以03母本子代生长速度最快,平均

收获体重、体重绝对增长率分别为(1 113.56 ± 168.68) g和(2.69 ± 0.41) g/d,分别比核心群家系总平均值提高了14.21%和14.47%;以99母本子代生长速度最慢,平均收获体重、体重绝对增长率分别为(886.04 ± 166.09) g和(2.13 ± 0.40) g/d,分别比核心群家系总平均值降低了9.13%和9.36%;其余三家系组与核心群家系总体生长速度相近。

表7 不同地理群体类别母本子代生长及成活率比较
Tab.7 Comparison of growth performance and survival rate on offspring of different geographic population female parents

母本	家系数量(个)	收获体重(g)	混养绝对增重率(g/d)	成活率(%)
97	9	1 008.83 ± 256.88	2.42 ± 0.63	74.00 ± 12.00
99	13	886.04 ± 166.09	2.13 ± 0.40	77.08 ± 9.95
01	7	992.39 ± 175.56	2.41 ± 0.44	87.43 ± 9.71
03	10	1 113.56 ± 168.68	2.69 ± 0.41	80.20 ± 9.26
04	10	938.29 ± 275.65	2.28 ± 0.67	78.40 ± 11.31

2.4 育种核心群个体体长、体重关系

采用家系122 d和收获体长、体重数据,做体重(W)和体长(L)的幂函数曲线拟合 $W = aL^b$ 。拟合曲线如图1,拟合方程为 $W = 0.0281 L^{2.7552}$, $R^2 = 0.9903$,拟合效果好,函数曲线具有显著性意义($P = 0.00$)。关系式中 $a = 0.0281$,反映了核心群养殖环境条件因子,为进行不同年代核心群生长性能比较积累了基础。关系式中 $b < 3$,说明核心群个体处于异速生长阶段,拟合结果与实际生长阶段相符,也可说明数据采集准确。

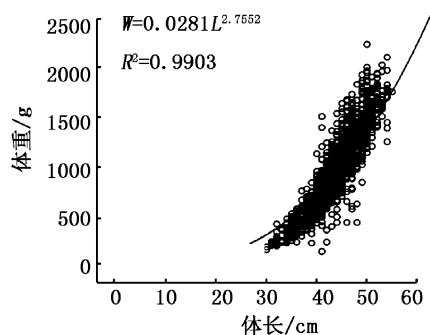


图1 核心群体长(L)与体重(W)关系

Fig.1 Analysis of correlation of body length and body weight by nucleus herd

3 讨论

3.1 家系育种在水产动物中的应用

众多的研究表明,基于系谱结构和表型信息的家系育种是一种快速有效的育种方法。丹麦

农业科学学院利用1雄对2雌或1雌对2雄的方法,建立了虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)全同胞家系,研究虹鳟养殖群体的生长、食性转化率及对病毒性出血败血症抗病力的关系,建立了相应的数量遗传模型^[2]。挪威科学家采用家系建立和基因标记手段进行大西洋鲑(*Salmo salar*)抗病分子育种研究工作,分别建立了抗病家系和疾病敏感家系^[3]。1998年美国在农业部(USDA)“国家水产养殖计划”支持下,启动了“斑点叉尾鲟多性状选择育种项目”。2001年研究小组推出第一批经遗传改良的亲鱼,生长速度平均提高10%以上。此后,美国继续进行多性状复合育种计划,共有九个性状成为斑点叉尾鲟遗传改良的目标性状^[1]。

我国在淡水鱼类育种方面,利用家系选育、系间杂交等育种手段培育了建鲤(*Cyprinus carpio* var),从1988年开始向全国推广,成为淡水池塘养殖的主要对象^[9]。近年来,国内关于水产动物近交衰退及家系育种研究发展较快^[10-13],成为育种领域研究热点,具有很大的发展空间和潜力。

3.2 遗传及环境效应对核心群生长性能的影响

家系生长性能表现是遗传和环境效应共同作用的结果。本研究中各地理群体斑点叉尾鲟亲本均注入电子标记,在土池混养强化培育,性腺同步成熟;亲鱼配组、卵块孵化充气、换水及管理条件相同;核心群519 d的养殖中经过严格的

环境标准化和数量标准培育。保持了各家系建立和生长环境效应的一致性。统计分析表明各家系日龄(day)对各家系的收获体重、体长无显著影响 $P(\text{Sig} = 1) < 0.05$ 。加之各杂交组合繁育 3~7 平行家系,各父本地理群体类别繁育家系 6~14 个,各母本地理群体类别 7~13 个,数据采集翔实准确。所以核心群生长性能统计分析结果可以作为对优良遗传基因型的选择依据。

3.3 斑点叉尾鲷家系育种对生长性状优良基因型的筛选

在家系生长性能比较中,生长最快家系平均体重是最慢家系的 3.53 倍,体重绝对增长率呈现数量性状表型的连续性分布。根据育种策略,按体重绝对增长率全距范围将家系划分为 3 组,A、B、C 组间收获体重及体重绝对增长率存在极显著差异 ($P < 0.01$),表明分组合理,其中筛选出的 A 组具有生长优势家系 20 个,A 组平均收获体重及体重绝对增长率分别比核心群家系总平均值提高了 23.51% 和 23.83%。在不同杂交组合家系生长性能比较中,各组合生长指标反映了两地理群体间的特殊配合力。特殊配合力的遗传基础是非加性效应,其提高主要通过多个组合杂交选出最优组合^[14]。本研究不同杂交组合类别间家系收获体重、体重绝对增长率差异极显著 ($P < 0.01$),筛选出 03 × 97、04 × 97、01 × 03 生长优势杂交组合,收获体重分别比家系总平均值提高了 20.95%、19.47% 和 14.42%,体重绝对增长率分别提高了 20.66%、19.81% 和 15.74%。在家系生长性能对亲本群体的选择中,通过某一个地理群体父本或母本与另外 4 个地理群体的母本或父本杂交构建家系,分析子代家系生长性状的平均杂交优势,即这 1 群体父本或母本一般配合力,其遗传基础是基因的加性效应,反映亲本群体平均育种值的高低^[14]。本研究中父本不同地理群体类别间家系收获体重、体重绝对增长率差异显著 ($P < 0.05$),父本类别为 04 和 97 群体的家系组生长优势明显,收获体重分别比家系总平均值提高了 8.70% 和 9.74%,体重绝对增长率分别比家系总平均值提高了 9.36% 和 9.79%。母本类别为 03 群体的家系组生长速度最快,收获体重、体重绝对增长率分别比家系总平均值提高了 14.21% 和 14.47%。可见斑点叉尾鲷家系育种能有效筛选核心群生长性状优良基因型。

3.4 核心群试验结果对育种和生产的指导意义

本研究中,Pearson 相关分析表明家系个体成活率与家系体重绝对增长率存在着一定正相关关系。但在家系组均值比较中,成活率未表现出显著差异。分析其原因可能为核心群生长环境较好,养殖密度偏低、水质良好、饵料充足,生长性能得以充分表现,但抗病性筛选的力度有所欠缺,有待开展进一步的抗病能力测试试验。

杂交遗传表现的优劣取决于杂交双亲,本研究中成对亲鱼后裔的比较鉴定不能对雌鱼或雄鱼单独作出评价,只是进行了较好的组合选择,亦即配合力的选择。2009 年项目组新构建斑点叉尾鲷家系 73 个,其中父系半同胞家系组 28 个,全同胞家系 17 个,为进一步进行个体育种值计算、开展精细育种奠定了基础。08 年核心群优良家系将继续培育至亲鱼阶段并繁育 F_2 代,分析家系生长性状的遗传稳定性,开展进一步的品种选育工作。同时对已筛选出的优势杂交组合 03 × 97、04 × 97、01 × 03 应进一步开展繁育及养殖中试,积累丰富育种数据。

参考文献:

- [1] 胡红浪. 斑点叉尾鲷种质资源现状及发展对策[J]. 中国水产, 2007(8): 6-7.
- [2] HENRYON M, JOKUMSEN A, BERG P, et al. Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within a farmed population of rainbow trout[J]. Aquaculture, 2002, 209(1-4): 59-76.
- [3] GRIMHOLT U, LARSEN S, NORDMO R, et al. MHC polymorphism and disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*); facing pathogens with single expressed major histocompatibility class I and class II loci [J]. Immunogenetics, 2003, 55(4): 210-219.
- [4] VANDEPUTTE M. Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): a review[J]. Aquatic Living Resources, 2003, 16(5): 399-407.
- [5] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [6] 张豪, 张沅, 张勤. 后裔测定青年公牛的标记辅助 BLUP 选择[J]. 科学通报, 2002, 47(20): 1566-1571.
- [7] 杨茂成, 程伟文, 曹小瑛. 种猪的间接后裔测定[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(2): 76-78.
- [8] 田永胜, 陈松林, 徐田军, 等. 牙鲆不同家系生长性能比较及优良亲本选择[J]. 水产学报, 2009, 33(6): 901-911.
- [9] 张建森, 孙小昇. 建鲤生物工程育种技术及品种特性[J]. 现代渔业信息, 1997, 12(3): 20-24.
- [10] 张洪玉, 罗坤, 孔杰, 等. 近交对中国明对虾生长、存活及抗逆性的影响[J]. 中国水产科学, 2009, 16(5): 744-750.

- [11] 孔杰,金武,栾生,等.水产动物选择育种的近交分析[J].自然科学进展,2009,19(9):917-923.
- [12] 于飞,张庆文,孔杰,等.大菱鲆不同进口群体杂交后代的早期生长差异[J].水产学报,2008,32(1):58-64.
- [13] 罗坤,杨国梁,孔杰,等.罗氏沼虾不同群体杂交效果分析[J].海洋水产研究,2008,29(3):67-73.
- [14] 王金玉,陈国宏.数量遗传与动物育种[M].南京:东南大学出版社,2004.

Study of growth performance of nucleus herd of family breeding in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) and selection of parents with good trait

QIN Qin¹, BIAN Wen-ji¹, CAI Yong-xiang¹, XIA Ai-jun¹, KONG Jie², CHEN Xiao-hui¹, HUANG Tai-shou³, WANG Ming-hua¹, LI Xiao-xuan¹, ZHU Xi-he¹, HU Hong-lang³

(1. Freshwater Fisheries Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 3. The National Fishery Technical Extension Center, Beijing 100026, China)

Abstract: In recent years, the germplasm in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) has degraded seriously. Family breeding of channel catfish was carried out. In the present study, the growth performance of different nucleus herd families was compared, and the parents with good trait were selected. The body length and body weight of 122-519 d of nucleus herd individuals as well as the survival rate of the families were measured and analyzed. The results showed that the average body weight of the family with the fastest growth rate was 3.53 times that of the family with the slowest growth rate. The AGR_w of these families ranged from 0.94 to 3.32 g/d. The multivariate analysis of variance (MANOVA) showed that there were significant differences ($P < 0.01$) in harvest body weight and body length among the families, and the growth days of families had no significant influence on the harvest body weights and body lengths ($P > 0.05$). The one-way ANOVA and Duncan analysis revealed that: (1) There were significant differences in harvest body weight and AGR_w among the A, B, C family groups ($P < 0.01$) that were divided by AGR_w . The fast growth A family group included twenty families. The average body weight and AGR_w of the A group were significantly higher than the total average of the nucleus herd. (2) There were significant differences in growth characterization among the offspring of ten cross combinations ($P < 0.01$). The 03 × 97, 04 × 97 and 01 × 03 hybridization family had obvious growth heterosis. Their average harvest body weights were 20.95%, 19.47% and 14.42% higher than the total average of the nucleus herd respectively, and the average AGR_w were 20.66%, 19.81% and 15.74% higher than that of nucleus herd respectively. (3) There were significant differences in harvest body weight and AGR_w among offspring of different geographic population male parents ($P < 0.05$). The offspring families of 04 and 97 geographic population male parents had obvious growth advantage. There were no significant differences in growth characterization among offspring of different geographic population female parents ($P > 0.05$). The offspring families of 03 geographic population female parents grew faster. Finally, based on the data of the nucleus herd, the body length and weight relationship was constructed: $W = 0.0281 L^{2.7552}$ ($R^2 = 0.9903$). And this showed that the family individuals were in allometric growth period.

Key words: channel catfish (*Ictalurus punctatus*); family breeding; nucleus herd; growth performance; progeny testing