

应用沉淀反应对鲤、草鱼、鳊亲缘关系的初步探讨*

四川大学生物系 鱼类教研组
四川农学院牧医系

A PRELIMINARY STUDY ON THE PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS BETWEEN *CYPRINUS CARPIO*, *CTENOPHARYNGODON IDELLUS* AND *ARISTICHTHYS NOBILIS* BY MEANS OF PRECIPITATION REACTION

Research Group of Fishes, Biological Department of Szechuan University &
Department of Animal Husbandry & Veterinary Science of
Szechuan Agricultural College

提 要

本文报道应用三种沉淀反应方法研究属于三个不同亚科的鲤、草鱼、鳊之间的亲缘关系。实验结果表明鲤与草鱼之间关系最近,鲤与鳊之间关系较远,鳊与草鱼之间关系更远。

根据此项结果,作者认为在不同亚科的种间杂交工作中,鲤与草鱼的杂交,比鲤与鳊的杂交或草鱼与鳊的杂交,成功的可能性更大。

随着我国淡水养殖业的蓬勃发展,需要培育新的优良品种;在养鱼实践中,除选择育种外,杂交也是育种工作常用的有效方法。但进行杂交应对选用亲鱼的亲缘关系有所了解,因为亲鱼的亲缘关系愈近,杂交的成功率也愈高。因而对养殖鱼类亲缘关系进行研究,不仅在鱼类分类学上是一个基本理论问题,同时也具有重要的实践意义。

据我们所知,沉淀反应发现于1897年,而利用沉淀反应研究鱼类种间亲缘关系,最早系由 Neresheimer 在1908年进行。几十年来这一方法在国外逐步广泛地得到利用,在技术及理论上也有所发展。国内这一工作,过去仅有张其永等^[3,4]对几种鱼类进行沉淀反应的初步报导。

草、青、鲢、鳊、鲤、鲫是我国最常见的养殖鱼类,也是各地常用作杂交的对象。它们均属于鲤科,青鱼及草鱼属于雅罗鱼亚科,鲢及鳊属于鲢亚科,鲤与鲫属于鲤亚科。关于这三个亚科鱼类之间的亲缘关系,迄今尚未见有研究报导。我们选用鲤、草、鳊鱼为对象,应

1976年2月19日收到。

* 本项工作承四川大学生物系微生物教研室协助,特此致谢。

用沉淀反应探讨它们所代表的三个亚科之间的亲缘关系，目的在于对这三个亚科间的杂交工作提供一些理论基础。下面仅就本项研究中第一阶段的实验结果提出初步报导。

一、材料及方法

抗原制备

供作制备抗原用的鲤、草鱼、鳊及鲫（鲫系供作吸收抗血清用），大部分取自成都市鱼场，少量系购自郊区三瓦窑市场。

抗原制备系参照 Алтухов 及 Апекин (1963)^[8] 记述的方法，将鲜鱼在无菌室内每尾取体背肌肉 4—20 克（依鱼体大小而定）。肌肉部分取自一条鱼（单价抗原），部分取自几条鱼（多价抗原），然后按 1:5 的比例将肌块放入任氏（Ringer）液中，加入玻璃砂充分研磨，过滤后提取肌肉抗原液并保存在冰箱内备用。抗原制备见表 1。

表 1 抗原的制备

抗原种类及编号	草鱼-1	鳊-2	鲤-3	鲫-4	鳊-5	草鱼-6	鲤-7	鲫-8	鲤-9	鲫-10
制 备 日 期	73.IX-28	73.IX-28	73.IX-28	73.IX-28	73.X-8	73.X-18	73.X-18	73.X-18	73.XI-5	73.XI-5
鱼体(体重(克) 大小(体长(毫米))	2350/550	250/ 235	902/ 354	150/ 185	911/365 1407/415	891/358 578/325	824/ 305	102/157 92/150 118/155	275/202 77/161	38/116, 50/124 30/112, 22/113
取肌肉总重量(克)	10	10	10	8	20	20	20	20	20	17
任氏液量(毫升)	50	50	50	40	100	100	100	100	100	85
鱼 的 来 源	成都市鱼场	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左	二瓦窑市场	同左

抗血清制备

共选用健康的雄性家兔 12 只，分为两组进行免疫注射。第一组四只家兔，每只注射一种鱼的抗原。第二组八只家兔，每两只注射一种鱼的抗原。但第二组中用鳊抗原注射的两只家兔中途因病死去，尚余六只。注射部位主要是耳静脉。注射量第一天 1 毫升，第四天 1.5 毫升，第七天 2 毫升，第十天 2 毫升，第十三天 2 毫升。第五次注射后第一组家兔隔一周取血，第二组家兔隔一周后先在心脏采血试验，发现沉淀反应效价仍均低于 1:1000，

表 2 抗血清的制备

组别	家兔编号	家兔体重(斤)	注射抗原编号	注射部位	共注射次数	注射总量(毫升)	注射日期	抗血清制备日期	抗血清编号	同源反应效价(三小时)
第一组	R ₁	3.5	草鱼-1	耳 静 脉	5	8.5	IX-30至X-13	X-22	抗草鱼-1	1:512
	R ₂	3.4	鳊-2	耳 静 脉	5	8.5	同上	X-22	抗鳊-2	1:512
	R ₃	3.6	鲤-3	耳 静 脉	5	8.5	同上	X-22	抗鲤-3	1:512
	R ₄	3.7	鲫-4	耳 静 脉	5	8.5	同上	X-22	抗鲫-4	1:512
第二组	R ₅	4.8	草鱼-5	耳静脉及皮下	8	12.2	XI-14 至 XII-3	XII-18	抗草鱼-6(1)	1:1,500
	R ₆	4.8	草鱼-6	耳静脉及皮下	8	13.3	同上	同上	抗草鱼-6(2)	1:1,500
	R ₇	3.7	鲤-9	耳静脉及皮下	8	15.5	同上	同上	抗鲤-9(1)	1:4,096
	R ₈	4.5	鲤-9	耳静脉及皮下	8	14.2	同上	同上	抗鲤-9(2)	1:2,000
	R ₉	4.3	鲫-10	耳静脉及皮下	8	13.5	同上	同上	抗鲫-10(1)	1:1,000
	R ₁₀	3.9	鲫-10	耳静脉及皮下	8	13.2	同上	同上	抗鲫-10(2)	1:1,500

故按 Закас 及 Соколова (1961)^[10] 方法再进行三次补注射。注射部位除耳静脉每次 2 毫升外,并同时注射背部两侧六个皮下对称点,每个皮下点每次注射量为 0.2 毫升,末次注射后隔两周取血,所得抗血清效价均超过 1:1000,制备的抗血清按 1/万浓度加硫柳汞防腐,密盖保存于冰箱内待用。抗血清制备如表 2。

环状沉淀实验

参考曾经报导过的方法^[8],实验在 75 × 5 毫米的试管内进行;每管放入抗血清 0.1 毫升,再加入不同稀释度的抗原 0.9 毫升(用 0.9% 氯化钠溶液稀释);对照组用正常家兔血清加肌肉蛋白抗原以及抗血清加 0.9% 氯化钠溶液;每组实验是在同样条件下于室温内进行,并隔 30 分钟,一小时,二小时,三小时各观察一次管内环状沉淀出现情况;环状沉淀阳性反应的最大抗原稀释度即为其效价。

鲫鱼吸收抗血清的制备系用上述三种鱼的 1:2 稀释度抗原 3 毫升与抗鲫鱼血清 1 毫升在 10 毫升的离心管内进行反应,并放在冰箱内 12 小时以便充分吸收,然后离心抽取上层吸收后的血清,用来与各抗原按上述方法进行环状沉淀试验。

琼脂扩散实验

采用琼脂双向扩散法,操作技术参照孟广震(1974)的方法^[2]。我们的实验是在直径 75 毫米的培养皿内,制成带有七个圆形孔模型(每孔直径为 8 毫米)的 0.8% 琼脂生理盐水凝胶,凝胶中加入硫柳汞使浓度为 1/万以防腐,扩散反应在 24℃ 室温内进行,并观察记录沉淀线的出现情况。

二、实验结果

(一) 环状沉淀反应

从 1973 年 10 月 26 日至 12 月 24 日,利用鲤、草鱼、鳙肌肉蛋白的免疫血清,分别与该三种鱼的肌肉蛋白抗原进行了十七组环状沉淀交叉反应,以比较它们肌肉蛋白间的抗原性关系,其结果如表 3。

从表 3 可见到三种鱼类同种内沉淀反应的效价在相同的反应时间内,均大于异种间沉淀反应的效价。根据有关报导^[9],同源反应效价大于异源反应效价两倍以上则属特异性。在表 3 中可见到同种鱼肌肉的免疫血清和它自身的肌肉抗原间的反应(同源反应),其特异性的表现是明显的。与此同时,同一种鱼类的肌肉抗原或肌肉免疫血清如系取自不同的个体,则其沉淀反应效价的绝对值却不完全相等。这一个体间沉淀反应差异的存在,过去曾为很多作者指出过,其导致的原因也是多方面的^[5]。但就我们上述十七个组的实验结果来看,尽管沉淀反应效价的绝对值在同种内不完全相等,但在三种鱼类间交叉反应效价的相对值的大小(或顺序值)却完全一致。因此表明,应用环状沉淀反应来分析这三种鱼类的亲缘关系所得到的实验结果是比较稳定和可靠的。

在表 4 中还可以明显看到,当抗原稀释度增加时,产生的沉淀量均逐渐减少,反应强度也趋弱,最强的与最弱的阳性管间,差别比较显著,但相邻两管间的差别却不很明显。同时出现环状沉淀的时间,均随着抗原稀释度的增加而增加,抗原稀释度愈大,则出现环状沉淀的时间愈迟。这一现象也与张其永等(1965)对其它几种鱼类进行沉淀反应时所观察到的结果一致。

表 3 鲤、草、鳊鱼肌肉抗原的交叉反应

组	次	1	2	3	4	5	6
抗	血 清	抗鲤-3	抗鲤-3	抗鲤-3	抗鲤-9 (1)	抗鲤-9 (1)	抗鲤-9 (1)
抗	原	鲤-3 草鱼-1 鳊-2	鲤-3 草鱼-1 鳊-2	鲤-1 草鱼-6 鳊-5	鲤-9 草鱼-6 鳊-5	鲤-9 草鱼-6 鳊-5	鲤-9 草鱼-6 鳊-5
效	30分	128 32 8	128 64 8	128 32 16	1,024 512 256	1,024 512 256	750 200 100
	1小时	128 64 16	128 64 16	128 64 32	2,048 1,024 512	2,048 1,024 512	1,500 750 500
	2小时	256 128 16	128 128 16	256 128 64	4,096 2,048 1,024	4,096 2,048 1,024	2,000 750 750
	3小时	512 128 16	512 128 16	512 128 64	4,096 2,048 1,024	4,096 2,048 1,024	2,000 1,000 750
价	%	100 25 3.13	100 25 3.13	100 25 12.5	100 50 25	100 50 25	100 50 37.5
实 验 日 期		X-26	X-30	X-31	XII-12	XII-12	XII-24
室 温 (°C)		20	20	21.5	14	14	9.5

组	次	7	8	9	10	11	12
抗	血 清	抗鲤-9 (2)	抗草鱼-3	抗草鱼-1	抗草鱼-1	抗草鱼-1	抗草鱼-6 (1)
抗	原	鲤-9 草鱼-6 鳊-5	草鱼-1 鲤-3 鳊-2	草鱼-1 鲤-3 鳊-2	草鱼-1 鲤-1 鳊-5	草鱼-6 鲤-7 鳊-5	草鱼-6 鲤-9 鳊-5
效	30分	1,000 200 100	128 32 8	128 32 8	128 64 16	128 64 32	250 200 100
	1小时	1,500 750 500	128 32 8	128 32 8	128 64 16	256 64 32	750 250 200
	2小时	2,000 750 750	128 64 16	128 64 16	256 128 32	256 64 64	1,000 250 250
	3小时	2,000 1,000 750	128 64 16	128 64 16	256 128 32	256 128 64	1,500 500 250
价	%	100 50 37.5	100 50 12.5	100 50 12.5	100 50 12.5	100 50 25	100 33.33 16.66
实 验 日 期		XII-24	X-26	X-30	X-31	XI-2	XII-20
室 温 (°C)		9.5	20	19.5	21.5	20.5	11

组	次	13	14	15	16	17
抗	血 清	抗草鱼-6 (2)	抗鳊-2	抗鳊-2	抗鳊-2	抗鳊-2
抗	原	草鱼-6 鲤-9 鳊-5	鳊-2 鲤-3 草鱼-1	鳊-2 鲤-3 草鱼-1	鳊-5 鲤-7 草鱼-6	鳊-5 鲤-7 草鱼-6
效	30分	250 200 100	256 64 32	256 64 32	128 32 32	128 32 32
	1小时	750 200 100	256 64 32	256 64 32	256 64 64	256 64 64
	2小时	1,000 350 200	512 128 32	512 128 32	512 128 64	512 128 64
	3小时	1,500 500 250	512 128 64	512 128 64	512 128 64	512 128 64
价	%	100 33.33 16.66	100 25 12.5	100 25 12.5	100 25 12.5	100 25 12.5
实 验 日 期		XII-20	X-25	X-30	X-31	XI-2
室 温 (°C)		11	21	19.5	21.5	20.5

表 4 环状沉淀出现时间及反应强度

抗 血 清 \ 抗 原	草鱼-1	鳙-2	鲤-3	时间(分)	稀 释 度
抗 鲤-3	+++	++	++++	15	1:2
	+++	—	++++	30	1:8
	++	—	+++	60	1:32
抗 草 鱼-1	++++	+	+++	5	1:2
	+++	±	++	15	1:8
	++	—	+	30	1:32
	++	—	—	60	1:64
抗 鳙-2	+++	+++	+++	5	1:2
	++	++	++	15	1:8
	+	++	+	30	1:32
	—	++	—	60	1:64

从我们制备的抗血清的效价比过去一些资料的报导,总的来说还是较低的,但从免疫效果比较,在我们第二组按 Закас 及 Соколова 方法制备的抗血清效价均比第一组高。据报导^[6],通常在 1 小时内(一般为 20 分钟)出现环状沉淀。据我们的实验表明,沉淀反应在这一时间内也能出现,但必须在 2—3 小时方能达到比较稳定的最高效价,5 小时后沉淀开始扩散。因此,我们在进行沉淀反应时,除记录 30 分钟、1 小时、2 小时、3 小时四个效价数值,以便观察沉淀反应的变化外,在计算三种鱼的亲缘关系的指标时,一律取 3 小时效价百分比的平均值。

按 Boden^[6] 方法计算了三种鱼类间的亲缘程度如下¹⁾:

- 鲤与草鱼为 37.67%
- 鳙与鲤鱼为 23.66%
- 草鱼与鳙为 13.19%

以上指标清楚地表明,在代表三个亚科的鲤、草鱼和鳙三种鱼类之间,从亲缘关系上来看,鲤与草鱼最近,鳙与鲤较远,鳙与草鱼更远。

(二) 吸收抗血清的环状沉淀反应

利用吸收抗血清进行环状沉淀反应,不仅能够检验环淀反应的准确性,而且还能进一步分析抗原复合体的组成与差别。吸收抗血清可用实验的同种鱼类,也可用分类关系相近的异种鱼类。我们用鲫鱼的抗血清来进行吸收,因为鲫和鲤同亚科不同属,鲫与草鱼和鳙同科不同亚科,在自然分类关系上具备了可供比较的基础。结果如表 5。

从表 5 可见到抗鲫血清被吸收后表现出以下几方面的特点:

1 组实验中抗鲫血清同源反应效价分别为 1:512 (抗鲫-4)、1:1000 (抗鲫 10(1)) 和 1:1500 (抗鲫-10 (2))。但用同个体鲫鱼的抗原吸收一次后就完全不能再与鲫抗原产生沉淀,表明抗鲫血清中的相应抗体能被鲫抗原一次吸收完。

1) 亲缘程度计算方法如以鲤与草鱼之间为例,鲤抗原与抗草鱼血清反应效价为 30.93% (表 3 中 8-13 组实验的平均值),草鱼抗原与抗鲤血清反应效价为 44.4% (表 3 中 1-7 组实验的平均值),因此鲤与草鱼之间亲缘程度为(30.93+ 44.4) ÷ 2%,即为 37.67%,其余可类推。

表 5 抗鲫血清被吸收后的沉淀反应

组 次	I				II				III			IV				V	
	抗鲫-4	抗鲫-10(1)	抗鲫-10(2)	抗鲫-10(2)	抗鲫-4	抗鲫-10(1)	抗鲫-10(2)	抗鲫-10(2)	抗鲫-4	抗鲫-10(2)	抗鲫-4	抗鲫-10(1)	抗鲫-4	抗鲫-10(1)	抗鲫-10(2)	抗鲫-4	抗鲫-10(2)
抗血清	抗鲫-4	抗鲫-10(1)	抗鲫-10(2)	抗鲫-10(2)	抗鲫-4	抗鲫-10(1)	抗鲫-10(2)	抗鲫-10(2)	抗鲫-4	抗鲫-10(2)	抗鲫-4	抗鲫-10(1)	抗鲫-4	抗鲫-10(1)	抗鲫-10(2)	抗鲫-4	抗鲫-10(2)
吸收用的抗原	鲫-4	鲫-10	鲫-10	鲫-10	鲫-4	鲫-10	鲫-10	鲫-10	草鱼-1	草鱼-5	草鱼-1	草鱼-1	草鱼-1	草鱼-6	草鱼-9	草鱼-1	草鱼-1
吸收后进行的反应	鲫-4	鲫-10	鲫-10	鲫-10	鲫-4	鲫-10	鲫-10	鲫-10	草鱼-1	草鱼-5	草鱼-1	草鱼-1	草鱼-1	草鱼-6	草鱼-9	草鱼-1	草鱼-1
效 价	—	—	—	—	8	32	16	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30分	—	—	—	—	16	32	16	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1小时	—	—	—	—	32	32	32	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2小时	—	—	—	—	32	32	32	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3小时	—	—	—	—	32	32	32	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
实验日期	XI-15	XI-15	XI-15	XI-15	XI-15	XI-15	XII-26	XII-28	XI-15	XI-15	XI-15	XII-26	XI-15	XII-26	XII-26	XI-15	XI-15
室温(°C)	18	18	18	18	18	18	10	10.5	18	18	18	10	18	10	10	18	18

表 6 抗鲤血清在琼脂双向扩散中的交叉反应 实验时间74, V-15

中心孔	抗 血 清 (抗鲤-9 (2))				
	抗原名称	1:2	1:4	1:8	1:16
周	鲤	+	+	+	+
围	草	+	+	+	+
孔	鲫	+	+	+	+
	鳊	+	+	+	+
	生理盐水	—	—	—	—

II 组实验用鲤、草、鳙鱼抗原分别吸收抗鲫血清后,仍能再与鲫抗原产生沉淀反应,但效价显著降低,分别为 1:32—1:64。这表明两点事实:①鲫鱼分别与鲤、草、鳙鱼具有共有抗原;②鲫鱼具有其本种特有的特异性抗原。

III 组实验是用鲤、草、鳙鱼抗原分别吸收抗鲫血清后,再分别重新与鲤、草、鳙鱼抗原作沉淀实验,在后者实验中均没有产生环状沉淀。这表明抗鲫血清中的相应抗体能分别一次被鲤、草、鳙的抗原吸收完。

IV 组实验中抗鲫血清被草鱼抗原吸收后仍能与鲤鱼抗原产生环状沉淀。相反地抗鲫血清被鲤抗原吸收后却不能与草鱼抗原产生环状沉淀。这表明鲫和草鱼之间的共有抗原乃是鲫和鲤之间共有抗原中的一部分。或者说也可以说,鲤鲫共有抗原中除完全包括鲤和草鱼共有抗原之外,还具有仅为鲤鲫所共有但为草鱼所缺少的另一类抗原。从这里也可明显地见到,属于同一亚科的鲤鲫之间比属于不同亚科的草鱼与鲫鱼之间的亲缘关系为近。

V 组实验中抗鲫血清被草鱼抗原吸收后,再与鳙抗原进行环状沉淀反应效价为 1:4,但同一样品的抗血清被鳙抗原吸收后,再与草鱼抗原进行环状沉淀反应所得的效价则为 1:16。两种实验所用的抗血清及抗原都取自同一样品,实验也是在同一条件下进行并经过两次重复检验,所得结果无异,这表明两点事实:①吸收血清的交叉反应后均能产生沉淀,说明鲫和草鱼共有抗原与鲫鳙共有抗原彼此有差异;②从沉淀反应效价的稳定的差别,说明鲫和草鱼的共有抗原比鲫鳙共有抗原更强,也反映出在不同亚科的种——鲫鱼与草鱼比鲫鱼与鳙鱼之间亲缘关系更近。

根据以上几组实验,我们采用以下符号来表示:

- A 代表鲫鱼特有的抗原
- B 代表鲫鲤共有抗原
- C 代表鲫鱼和草鱼共有抗原
- D 代表鲫鳙共有抗原

则以上几类抗原之间的强弱关系可表示如下:据 II 组实验 $A > B$, $A > C$, $A > D$;据 IV 组实验, $B > C$, 据 V 组实验 $C > D$ 。由此可得以下概念:

$$A > B > C > D$$

即鲤鲫间的关系比鲫与草鱼间的关系近,而鲫、草鱼间的关系又比鲫、鳙间的关系近。从亚科的范围而言,鲤亚科与雅罗鱼亚科的关系比与鲢鳙亚科的关系为近。这一结果和前述环状沉淀反应中相应部分的结果是一致的。

(三) 琼脂扩散实验

琼脂双向扩散法在鱼类血清反应中从 Oudin (1946)^[7] 起开始被用作分析种间关系, Балахнин (1964)^[9] 更进一步发展在血清中采用不同稀释度的抗原或抗体能得到更理想的结果。我们参照 Балахнин 的方法,在进行本实验时,逐步稀释抗原并初步进行了抗鲤血清及鲤、草、鳙、鲫四种鱼类抗原的实验。结果如表 6。

从表 6 可见到,抗鲤血清在抗原稀释度为 1:2—1:4 时均能产生沉淀线。但对照组的生理盐水,则在任何稀释度均不产生沉淀线。当抗原稀释度逐步增加,从 1:8 开始,抗鲤血清与鳙抗原即不能产生沉淀线,但与其他三种鱼的抗原均仍能产生沉淀线。证实在鲫、草

鱼、鳊这三种鱼中与鲤的亲缘关系最远的是鳊。这一结果与以上两种实验方法中相应部分的结果相符合。

三、讨 论

共利用了三种沉淀反应方法来探讨代表三个亚科的鲤、草鱼、鳊之间的亲缘关系,在第一种方法中根据17组环状沉淀交叉反应实验一致表明鲤与草鱼亲缘关系最近;鲤与鳊关系较远;鳊与草鱼则更远。在第二种方法中,利用抗鲫血清吸收后进行的交叉反应以及第三种方法中利用抗鲤血清在琼脂双向扩散中的交叉反应所得实验结果,都表明在这三种鱼中,鲤与草鱼的关系最为接近。从而进一步证实第一种方法所得的结果是可靠的。

以往,有些作者应用血清研究鱼类种间关系时,普遍利用环状沉淀交叉反应法,均得到比较可靠的结果。Алтухов 及 Апекин 曾指出“抗血清的高度特异性,可在纯或稀释状态下实现全部反应而不必依赖特异性的吸收方法”。因此,虽然我们在免疫过程中由于第二组制备抗鳊血清的家兔中途死去,以致抗鳊血清不足而对吸收血清反应法及琼脂双向扩散法的实验进行得还不完全,但从已进行的部分实验也足以表明三种方法的结果是一致的。

再联系到杂交育种问题,目前我国淡水养殖鱼类在亚科内的种间杂交已取得一定成效,但在不同亚科的种间杂交成功率尚小。据最近报导,国内在不同亚科鱼类范围内的杂交工作中草鱼与鳊正反杂交、草鱼与鲤正反杂交已获得初步成功并得到一定数量的苗种^[1]。从本文的研究结果来看,草鱼与鳊之间在亲缘关系上比草鱼与鲤或鳊与鲤之间的关系更疏远一些。因此,从这一根据出发,我们初步认为:草鱼、青鱼、鳊、鳊、鲤、鲫这几种养殖鱼类进行亚科间的杂交,在遗传基础上是有可能性的,在今后的养殖实践中仍然具有一定的价值和利用前途;鲤与草鱼的杂交,比鲤与鳊的杂交或草鱼与鳊的杂交,成功的可能性更大。

参 考 资 料

- [1] 长江水产研究所,厦门水产学院,1975。两年来淡水养殖鱼类优良品种选育和基础理论研究简况。动物学杂志, (1): 43—45。
- [2] 孟广震,1974。免疫扩散和免疫电泳技术。微生物学通报, (1): 23—36。
- [3] 张其永等,1965。应用沉淀反应探讨鱼类的亲缘关系。中国动物学会三十周年学术讨论会摘要汇编, 189 页。科学出版社。
- [4] 张其永等,1966。我国东南沿海带鱼种群问题的初步研究。水产学报, 3(2): 106—118。
- [5] 钦俊德,1974。生物化学方法在分类学中的应用。生物科学参考资料,第四集, 39—40 页。科学出版社。
- [6] Boden, A., 1942. Systematic serology; a critical appreciation. *Physiol. zool.*, 15 (2)。
- [7] Oudin, J., 1946. Méthode de analyse immunochimique par précipitation spécifique en milieu gélifie. *Compt. rend. Acad. sci.*, v. 222。
- [8] Алтухов, Ю. П. и В. С. Апекин, 1963. Серологический анализ родственных взаимоотношений “крупной” и “мелкий” ставриды Черного моря. *Вопро. Ихтио.*, 3 (1): 39—50。
- [9] Балахнин, И. Д., 1964. О применениях реакций преципитаций для выяснений родственных связей рыб. *Вопро. Ихтио.*, 4 (3): 595—598。
- [10] Закас, М. Г. и М. М. Соколова, 1961. Установление различий между отдельными стадами нерки (*oncorhynchus nerka*) посредством реакций преципитаций. *Докл. АН. СССР.*, 193 (6): 1491—1494。