

研究简报

电磁场对几种淡水鱼鱼苗胚胎期的 出苗率、抗温变能力和后期生长 速度的影响*

EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE HATCHING RATE OF FRY, THE ABILITY OF RESISTANCE AGAINST THERMAL CHANGE AND THE GROWTH RATE IN LATER STAGES OF FRESHWATER FISH

叶士璟 万东辉 叶永青 罗文芸 江林华 章继敏 陈家森

(华东师范大学物理系, 上海)

Ye Shijing, Wan Donghui, Ye Yongqing, Luo Wenyun, Jiang Linhua,

Zhang Jimin and Chen Jiasen

(Department of Physics, East China Normal University, Shanghai)

关键词 质子纵向核磁弛豫时间 T_1 , 细胞膜的通透性

KEYWORDS proton spin-lattice NMR relaxation time T_1 , membrane passage

对蟾蜍、鱼类胚胎的质子核磁弛豫的研究发现^[2,3], 在胚胎发育期中的神经胚期出现质子纵向核磁弛豫时间 T_1 值为一极大值。几年来, 我们用各种物理手段对蟾蜍和几种淡水鱼胚胎在不同发育期进行物理刺激, 发现在鱼类胚胎早期和神经期接受较强电场或磁场刺激后, 不仅其后期生长速度显著加快, 而且胚胎发育期抗温变能力有明显提高, 孵化出苗率也有较大幅度增加。1989年5月, 我们在上海嘉定县望新鱼苗场对团头鲂早期胚胎进行了中等规模(10公斤受精卵)电场刺激试验, 取得了令人满意的后期结果。

材 料 和 方 法

(一) 样 品 制 备

实验用的淡水鱼胚胎有: 鲫鱼、草鱼、鲢鱼和团头鲂, 其中鲫鱼胚胎由上海县新泾淡水鱼良种场提

* 本工作系上海市科委自然科学基金资助的研究项目。在工作中得到陈树德、杨振兴等同志的协助, 并得到嘉定县封浜乡许林发, 望新乡姚德兴、陆永根等同志协助, 一并表示感谢。

收稿年月: 1989年12月; 1990年2月修改。

供,是由雌性方正银鲫和雄性兴国红鲤人工配种和异精雄核发育所得的子代,其它淡水鱼胚胎均由上海望新鱼苗场提供的纯种。

(二) 实验方法

T_1 测量 用自制的 24MHz 自旋回波 NMR 波谱仪三脉冲零法对不同发育期的胚胎进行了质子核磁纵向弛豫时间 T_1 的测量。其 T_1 值的变化规律如表 1 所示。

表 1 草鱼胚胎期各发育期的 T_1 值(1987)
Table 1 T_1 values in the different embryonic developmental stage of black carp (1987)

| 发育期名称 | 十六分裂 | 囊胚期 | 原肠晚期 | 神经管 | 眼囊期 |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|
| T_1 值(毫秒) | 86.8 | 39.0 | 238.2 | 634.8 | 183.9 |

刺激方法与强度 电场刺激是用自制的 ACHV-II 型电刺激仪,提供 10^4 V/cm 的交变电场;磁场刺激是用自制的中型电磁铁,提供 10^4 高斯以内连续可调的恒定磁场;超声波刺激是用超声信号发生器,过一超声池提供频率、幅度连续可调的超声波,对鱼胚胎的刺激时间持续 3—5 分钟。

后期管理与测量 淡水鱼类胚胎在不同发育期接受短时间较强电场或磁场刺激后,在同样条件下进行分组喂养,并取相同数量的未加刺激的胚胎作为对照组,以作比较。在实验室观察胚胎孵化出苗率、抗温变能力,并在相同条件下用玻璃缸分养三个月,然后送鱼场用网箱分类。测量结果见表 2、表 3、表 4 与表 5,表中所列数据是鱼苗的测量平均值。表 2 是鲫鱼胚胎在不同发育期受电场刺激后的生长情况,

表 2 鲫鱼胚胎在不同发育期受电场刺激后的生长情况(1987—1988)
Table 2 The growth of the crucian carp after electric stimulation in the embryonic stage (1987-1988)

| 刺激方式 | 对照组 | 50 周 交 变 电 场 | | | | | | 测量方式 |
|------|------|--------------|-------|------|------|------|------|--------|
| | | 4 细胞期 | | 囊胚期 | | 神经期 | | |
| | | 2 分钟 | 4 分钟 | 2 分钟 | 4 分钟 | 2 分裂 | 4 分裂 | |
| 鱼龄 | 1.70 | 1.88 | 2.44 | 2.28 | 2.32 | 2.20 | 2.20 | 长度(cm) |
| 37天 | 2.58 | 2.68 | 2.94 | 2.78 | 2.94 | 2.96 | 3.18 | " |
| 46天 | 3.64 | 3.86 | 4.20 | 3.64 | 3.80 | 4.32 | 3.94 | " |
| 57天 | 0.98 | 1.16 | 1.42 | 1.30 | 1.28 | 1.42 | 1.28 | 宽度(cm) |
| 67天 | 1.03 | 0.89 | 1.33 | 0.83 | 1.32 | 1.70 | 1.15 | 条重(g) |
| 76天 | 1.39 | 1.60 | 2.59 | 1.43 | 2.05 | 2.65 | 2.43 | " |
| 87天 | | 1.70 | 2.80 | 1.90 | 2.20 | 3.50 | 2.43 | " |
| 16天 | 1.18 | 2.32 | 3.52 | 3.00 | 3.34 | 5.06 | 3.70 | " |
| 139天 | 4.4 | 3.4 | 10.00 | 5.3 | 4.8 | 4.0 | 6.5 | " |
| 237天 | 6.7 | 5.8 | 10.43 | 6.8 | 6.4 | 9.9 | 11.3 | " |
| 411天 | 13.3 | 13.5 | 27.3 | 11.0 | 11.0 | | 25.0 | " |

表3 不同物理刺激对草鱼生长发育的影响(1987—1988)

Table 3 Effect of the different physical stimulations on the growth of the black carp (1987-1988)

| 鱼龄 | 对照组 | 四细胞期 | | | 囊胚期 | | 原肠期 | | | 神经期 | | | 测量方式 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | | 电 | 磁 | 超声 | 电 | 超声 | 电 | 磁 | 超声 | 电 | 磁 | 超声 | |
| 36天 | 2.08 | 1.94 | 2.30 | 1.04 | 1.94 | 2.36 | 2.06 | 2.30 | 2.43 | 2.30 | 2.50 | 2.60 | 身长(cm) |
| 46天 | 0.51 | 0.44 | 0.54 | 0.48 | 0.48 | 0.53 | 0.34 | 0.43 | 0.47 | 0.34 | 0.91 | 0.60 | 条重(g) |
| 55天 | 2.12 | 2.10 | 3.02 | 1.01 | 2.20 | 3.14 | 2.01 | 1.39 | 2.17 | 2.71 | 3.60 | 2.07 | " |
| 66天 | 2.60 | 2.30 | 5.60 | 2.00 | 4.20 | 3.00 | 3.00 | 1.77 | 3.09 | 2.53 | 6.90 | 2.02 | " |
| 75天 | 5.39 | 3.50 | 7.22 | 4.43 | 7.92 | 6.64 | 4.20 | 3.12 | 5.45 | 6.23 | 8.55 | 4.80 | " |
| 118天 | 5.40 | 7.90 | 13.8 | 4.40 | 4.60 | | | 5.20 | | 6.60 | 10.9 | 11.2 | " |
| 216天 | 6.00 | 7.50 | 19.5 | 5.50 | 10.0 | 10.5 | 10.5 | 11.3 | 11.3 | 9.90 | 13.0 | 12.0 | " |
| 338天 | 12.5 | 15.0 | 30.0 | 15.0 | 17.5 | 17.5 | 12.5 | 15.0 | | | 25.0 | | " |

表4 电磁场刺激促进鲫鱼胚胎加速发育的影响(1989)

Table 4 Effect of electromagnetic stimulation on the embryonic development of the crucian carp (1989)

| 日期 | 取样方式 | 单位 | 早期电刺激 | 早期磁刺激 | 神经期电刺激 | 对照组 |
|--------|-------------|--------------------|-------|-------|--------|-------|
| 6月9日 | 随机取5条的平均身长 | 厘米 | 2.40 | 2.40 | 2.49 | 2.25 |
| 6月30日 | 最大两条的平均条重 | 克 | 0.33 | 0.43 | 0.40 | 0.23 |
| 7月3日 | 随机取20条的平均条重 | 克 | 0.35 | 0.28 | 0.45 | 0.24 |
| 10月28日 | 测量每组总体积后求平均 | 厘米 ³ /尾 | 13.85 | 16.39 | 19.50 | 12.41 |

表5 电磁场刺激对鲫鱼胚胎出苗率的影响(1989)

Table 5 Effect of electromagnetic stimulation on the hatching rate of fry of crucian carp (1989)

| 日期 | 温度 | 电场早期刺激 | 磁场早期刺激 | 电场神经期刺激 | 对比 |
|-------|-------|--------|--------|---------|-----|
| 4月25日 | 16:00 | 20℃ | 15 | 10 | 0 |
| | 19:00 | 19℃ | 135 | 150 | 40 |
| 4月26日 | 8:00 | 18℃ | 360 | 300 | 13 |
| | 15:00 | 22℃ | 1775 | 800 | 290 |
| | 17:00 | 22℃ | 2575 | 940 | 370 |

鱼苗在实验室鱼缸中分养, 每组50条。76天后送鱼塘用网箱分养; 表3是草鱼胚胎用不同物理方法刺激后生长发育情况, 草鱼在实验室用鱼缸分养, 每组50条, 75天后送鱼塘用网箱分养; 表4是1989年

电磁场刺激促进鲫鱼胚胎加速发育的情况,先在实验室观察鱼苗孵化出苗率,鲫鱼在实验室用鱼缸分养,每组50条,7月6日后送鱼塘用网箱分养;表5是1989年电磁场刺激促进鲫鱼胚胎出苗率的情况,鲫鱼胚胎是4月21日上午9时的受精卵,每组样品均取5000颗进行刺激,4月21日上午11时进行早期电场刺激与早期磁场刺激,23日下午5时进行神经期电场刺激。25日下午2时经早期电场刺激的胚胎开始出苗,比对照组要提早4个小时,到27日17时最后统计相对出苗率时,发现电场早期刺激组为85%,电场神经期刺激组为60%,磁场早期刺激组为80%,对照组为55%,而且还发现对照组未出苗的胚胎大量霉变。

实验结果

在几种淡水鱼胚胎早期和神经胚期,施加适量的电场或磁场刺激,可以提高胚胎发育期的抗温变能力。例如,1988年4月20日我们在对鲫鱼胚胎进行试验时,由于冷空气影响,实验室气温下降到16°C以下,实验发现在每组500条受精卵中,受电场早期与神经期刺激的胚胎孵化出415条与422条鱼苗,早期磁场刺激的胚胎孵化出411条鱼苗,出苗率均大于80%,而对照组仅孵化出30多条,大部分胚胎均霉变死亡。而且在以后的半个月,对照组鱼苗陆续死亡,而受电磁场刺激鱼苗死亡率低,由于缺少对照组,当年鱼苗送到鱼塘未分箱放养。实验还表明,电磁场刺激的强度与时间要适当,否则,要么效果不明显,要么胚胎被击毙。如磁场强度大于7000高斯,鱼胚胎的死亡率可增加到80%以上。

表2、表3、表4的实验结果表明,在早期(如四分裂期)或神经期给予适当剂量的电磁刺激,不但能促进鱼胚胎发育,而且明显加快鱼苗后期生长速度。结果还表明,电场刺激对鲫鱼胚胎的发育影响较为明显,而磁场则对青鱼的影响比较显著。

表5的实验数据表明,在胚胎早期或神经期施加较强电场或磁场刺激不仅可以比对照组提早4小时出苗,而且相对出苗率也比对照组高。

1989年5月12日凌晨1:00,我们在上海嘉定县望新鱼苗场对10公斤团头鲂受精卵进行早期电场刺激,试验结果不仅出苗时间比对照组提前,而且鱼苗体质也明显增强。由望新鱼苗场提供的资料表明,常规团头鲂鱼苗孵化出后在不喂食条件下,只能存活6~7天,而经过电场刺激后的团头鲂胚胎孵化成鱼苗后同样在不喂食条件下,到11天还活得很欢,说明鱼苗的体质大大增强。望新鱼苗场将这存活了11天的廿万尾团头鲂鱼苗交给松江县长乐水产场试放养,三个月后检查,获4000余尾鱼苗,即仍有2%以上的成活率,显示了电刺激对提高鱼苗体质的积极作用。与此同时,望新鱼苗场还按正常时间提供给嘉定县封浜乡纪家村水产养殖场15万尾刺激过的团头鲂鱼苗,于8月份拉网检查,存活幼鱼7.85万尾,不计漏网的情况下,成活率达52%,而历年来,该鱼场放养的团头鲂鱼苗成活率一直徘徊在30%左右。这又一次证明,经电场刺激后鱼苗的体质有所提高。

结 论

1. 鱼胚胎早期和神经胚期是实施电场或磁场刺激的最佳期。这和胚胎在这一时期的生理特点及分子结构有关^[3]。

2. 不同品种的鱼胚胎对不同类型的刺激的敏感程度不同^[4],这可能与鱼类细胞内部的电磁特性有关。这启示我们今后要开展研究各种鱼胚胎内大分子的组分和痕量元素和它们在水中的活动规律的关系。

3. 电磁刺激加快鱼类胚胎的发育生长和提高孵化率的原因,可能由于电磁场刺激提高了生物膜的通透性^[4],提高了酶的活性,加快了生长素的合成速率等因素。实验发现,不同发育期胚胎刺激前后,其质子纵向核磁弛豫时间 T_1 没有明显变化,这说明适量的刺激并没有立即改变胚胎细胞内部的宏观结

构。另外,由于刺激时间短,既不会因热效应使环境温度升高,从而加快生长速度,也不会因电磁辐射引起的增氧效应促使后期生长发育加快。只可能是磁刺激使胚胎细胞的生物分子构象或功能发生变化,因而促进胚胎发育,提高出苗率和抗温变能力,加快后期生长。

4. 短时间较强电磁场刺激是一种行之有效的方法。虽然长时间(持续几小时或更长时间)的弱电磁场刺激对胚胎也能促进其发育^[5],但无推广价值,只有基础研究的意义。本实验采用的方法不仅具有基础研究的意义,而且有推广的价值,短时间的早期刺激易于实施,不但能加快鱼苗生长,增加淡水鱼的产量,而且能提高鱼苗体质,有利于鱼苗的商品生产,延长鱼苗供应期,并能推动向边远地区输送鱼苗。因此,对淡水养殖会产生较大的经济和社会效益。

参 考 文 献

- [1] 万东辉等,1989。短时间电场、磁场刺激对鲫鱼胚胎发育生长影响的研究。华东师范大学学报(自然科学版), (8):47。
- [2] 陈家森,1984。蟾蜍胚胎生长发育过程的核磁弛豫研究。自然杂志,7(10):785。
- [3] 陈家森等,1989。鱼类胚胎期的物理刺激对其后期生长速度影响的初步研究。自然杂志,12(10):769。
- [4] 程极济等,1981。生物物理学,147,286。高等教育出版社(京)。
- [5] FaLugi, C. 1987. Effects of low-intensity pulsed electromagnetic field on the early development of sea urchins. *Biophys. J.*, 51: 999.

《水利渔业》征订启事

《水利渔业》是由水利部主管、水利部工程管理培训中心主办的中级技术性期刊。《水利渔业》以水产渔业为主,坚持“应用为主,面向基层,源于实践,指导生产”的办刊方针。开设的主要栏目有“增殖养殖技术”、“调查研究”、“经营管理”、“捕捞技术”、“渔业工程”、“鱼病防治”、“国外渔业”等。《水利渔业》为双月刊,国内公开发行,邮发代号38—76。漏订者请径向编辑部汇款,全年订价6.00元。编辑部地址:湖北省丹江口市;邮政编码:441900。