

梁勤朗,吴宗文,李杰,等.中性电化水对泥鳅卵孵化的影响[J].江苏农业科学,2015,43(11):308-313.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.098

中性电化水对泥鳅卵孵化的影响

梁勤朗,吴宗文,李杰,王尚文,鲍斌,蒋礼平,黄平

(通威股份有限公司,四川成都 610041)

摘要:制备有杀菌效力、高氧化还原电位的中性杀菌电化水,并采用不同浓度电化水组(以池塘水孵化为对照组)进行孵化试验。结果表明,15.00%~24.27%中性电化水能有效提高泥鳅卵孵化率,其中24.27%浓度组孵化率为82.9%,比对照组高9.7个百分点。通过显微拍摄对照电化水组 and 对照组泥鳅卵典型胚胎发育阶段可知,电化水不影响泥鳅卵的胚胎发育。说明中性电化水可代替化学药品应用于泥鳅卵孵化,有效提高泥鳅卵孵化率,有较大的应用潜力。

关键词:中性电化水;泥鳅卵;孵化;杀菌

中图分类号: S961.1⁺4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0308-06

泥鳅隶属于鲤形目泥鳅属,其肉质鲜嫩,富含营养价值和药用价值^[1-3],别称“水中人参”,深受国内外消费者的喜爱。近年来泥鳅市场需求量日益增大,因此也带动了泥鳅苗种繁育产业的发展,而孵化用水水质则往往决定其繁育是否成功。关于泥鳅卵孵化过程中由细菌以及剑水蚤、水蚤为代表的浮游动物和水生昆虫导致的孵化率与存活率低、鳅苗活力差等病害时有报道^[4],这已经成为泥鳅规模化人工繁殖技术亟待解决的问题。中性电化水是一种新型的杀菌、灭藻剂,笔者研究发现,中性电化水作用1 min,能完全杀灭菌落对数为7.3 lg (CFU/mL)的金黄色葡萄球菌和7.1 lg (CFU/mL)的

大肠埃希菌。试验结果与武汉工业学院朱玉婵教授等的研究结果相近,其试验结果表明中性电解水能有效杀灭菌落对数为7.8 lg (CFU/mL)的枯草杆菌黑色变种芽孢和8.94 lg (CFU/mL)大肠杆菌^[5],且该项技术成本较低,主要设备为一次性投入,操作简便,根据养殖户实际需求现制现用,减免了运输费用。该技术已逐渐应用于医疗卫生、环保等行业,但在水产养殖行业国内外尚未见相关研究报道。

本研究采用中性杀菌电化水孵化泥鳅卵,以物理方式电絮凝、电离净化过滤水中杂质,通过产生强氧化性物质代替化学药品杀灭细菌、水藻和寄生虫,从食物源头杜绝药物残留,避免造成二次环境污染。通过对照比较泥鳅卵孵化率,确认中性电化水是否有助于鱼卵孵化,且分次试验不同浓度电化水,以期探索最适泥鳅卵孵化的电化水浓度,为该技术在水产养殖中的进一步推广应用提供技术参数。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器设备

1.1.1 试验材料 亲鱼选择四川省双流县万福省级繁育场,

收稿日期:2014-11-24

基金项目:四川省科技成果转化项目(编号:13CGZHZX0191)。

作者简介:梁勤朗(1987—),男,四川邛崃人,硕士,中级工程师,从事设施渔业与养殖技术研究。Tel: (028) 86168114; E-mail: liangql@ tongwei.com。

通信作者:吴宗文(1946—),男,四川安岳人,硕士,研究员,从事设施渔业与养殖技术研究。Tel: (028) 86168116; E-mail: wuzw@ tongwei.com。

产生免疫保护性抗体和长时间免疫应答,可以用作猪源乙脑灭活疫苗用毒株。

参考文献:

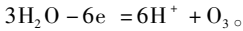
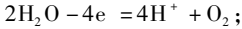
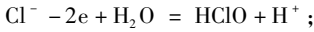
- [1]殷震,刘景华. 动物病毒学[M]. 2版. 北京:科学出版社,1997:470-473.
- [2]郑浩,张建功,袁世山. 猪源乙型脑炎病毒的分离鉴定及其E基因分析[J]. 中国兽医科学,2009,39(06):476-482.
- [3]胡勇. 流行性乙型脑炎的病原学和流行病学研究进展[J]. 疾病控制杂志,2005,9(6):619-623.
- [4]李春燕,汤德元,徐健,等. 乙型脑炎的发病机理及毒力致病机理的研究进展[J]. 中国兽药杂志,2008,42(4):41-43.
- [5]许乐燕. 乙型脑炎病毒及疫苗研究进展[J]. 国际生物制品学杂志,2006,29(6):243-247.
- [6]刘志文,俞永新,张海林,等. 乙型脑炎减毒活疫苗病毒SA14-14-2株经三带喙库蚊胸腔接种后的生物学和分子生物学特性[J]. 中国生物制品学杂志,2007,20(6):419-421.

- [7]章域震,张海林,俞永新,等. 三带喙库蚊和致倦库蚊胸腔接种乙型脑炎病毒减毒活疫苗SA₁₄₋₁₄₋₂株的研究[J]. 中华实验和临床病毒学杂志,2005,19(4):344-346.
- [8]张永欣,符芳,宋淑萍,等. 中国东北地区株日本脑炎病毒株的分离鉴定及基因分型[J]. 东北农业大学学报,2009,40(6):73-78.
- [9]袁磊,郑文亚,贾静,等. 两株乙型脑炎病毒的分离鉴定与生物学特性研究[J]. 中国兽医科学,2011,41(11):1134-1139.
- [10]禹乐乐,滕蔓,罗俊,等. 猪源乙型脑炎病毒河南分离株的全基因组测序及进化分析[J]. 华北农学报,2012,27(5):184-190.
- [11]王兴涛,罗俊,滕蔓,等. 猪流行性乙型脑炎病毒种猪精液分离株的鉴定及进化分析[J]. 河南农业科学,2011,40(5):152-157.
- [12]乔进平,赵明秋,张学涛,等. 猪乙型脑炎病毒3种灭活疫苗的制备及免疫效果比较[J]. 华南农业大学学报,2011,32(2):85-88.
- [13]Yang D K, Nak J, Kim H H, et al. Inactivated genotype 1 Japanese encephalitis vaccine for swine [J]. Clinical and Experimental Vaccine Research, 2014, 3(2): 212-219.

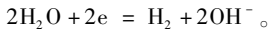
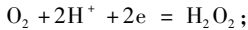
亲本在试验前经 4 个月营养强化和性腺促熟培育而成;每次试验鱼卵均采用同一批亲本同一时段所产受精卵,所选受精卵颗粒饱满(800~900 粒/g)、颜色淡黄,避免寡蛋等影响试验结果。

对照组采用该繁育场同一池塘水;采用中性电化水设备制备的中性杀菌电化水,其有效氯含量 75 mg/L、臭氧 30 mg/L、双氧水 25 mg/L、氧化还原电位 824 mV。

阳极反应:



阴极反应:



1.1.2 仪器设备 通威中性电化水设备(TW-FC/EC200L);便携式 pH 测定仪;广州明美 ML10 显微镜;MD30 数字摄像头;相同规格、相同颜色孵化桶 12 个(595 mm × 490 mm × 340 mm)。

表 2 不同中性电化水浓度处理泥鳅卵孵化试验设计

第 1 次试验(2012 年 7 月 22 日)			第 2 次试验(2012 年 8 月 9 日)			第 3 次试验(2012 年 8 月 21 日)			第 4 次试验(2013 年 2 月 21 日)		
组别	电化水浓度 (%)	泥鳅卵 (粒)	组别	电化水浓度 (%)	泥鳅卵 (粒)	组别	电化水浓度 (%)	泥鳅卵 (粒)	组别	电化水浓度 (%)	泥鳅卵 (粒)
A1	5	1 000	A1	15	1 000	A1	15(前)	1 000	A1	24.27	1 000
A2	5	1 000	A2	15	1 000	A2	15(前)	1 000	A2	24.27	1 000
A3	5	1 000	A3	15	1 000	A3	15(前)	1 000	A3	24.27	1 000
B1	10	1 000	B1	35	1 000	B1	15(后)	1 000	B1	50	1 000
B2	10	1 000	B2	35	1 000	B2	15(后)	1 000	B2	50	1 000
B3	10	1 000	B3	35	1 000	B3	15(后)	1 000	B3	50	1 000
C1	15	1 000	C1	50	1 000	C1	24.27	1 000	C1	75	1 000
C2	15	1 000	C2	50	1 000	C2	24.27	1 000	C2	75	1 000
C3	15	1 000	C3	50	1 000	C3	24.27	1 000	C3	75	1 000
D1	0	1 000	D1	0	1 000	D1	0	1 000	D1	0	1 000
D2	0	1 000	D2	0	1 000	D2	0	1 000	D2	0	1 000
D3	0	1 000	D3	0	1 000	D3	0	1 000	D3	0	1 000

1.2.3 胚胎发育观察 试验过程中,每隔 0.5 h 分别取电化水组 and 对照组 5 粒卵,在显微镜下观察胚胎发育情况,显微拍摄典型时期照片。

2 结果与分析

2.1 中性电化水孵化泥鳅卵预试验

预试验孵化结果表明,电化水组孵化率均高于对照组,以 10% 组孵化率最高,为 62.7%,且随电化水浓度升高,泥鳅卵孵化率呈递减趋势(表 3、图 1)。

表 3 中性电化水孵化泥鳅卵预试验结果

组别	投放泥鳅卵 (粒)	电化水浓度 (%)	孵化出泥鳅苗 (尾)	孵化率 (%)
A	500	100	340	54.4
B	500	50	351	56.2
C	500	10	442	62.7
D	500	0	332	53.0

2.2 不同浓度中性电化水孵化泥鳅卵试验结果

由表 4、图 2 至图 5 可知,第 1 次泥鳅卵孵化试验结果中除 5% 浓度组外,其余电化水组孵化率均高于对照组,15% 浓度组孵化率最高,为 75.1%;第 2 次孵化试验中,随电化水浓

1.2 试验设计

1.2.1 预试验设计 本研究预试验设计 4 组不同浓度电化水,在不同繁殖时段,进行静水孵化。对照组(D 组)选择原池塘水进行孵化,电化水组采用处理原池塘水,现场现制电化水,配制不同浓度,各浓度组无平行组(表 1)。每组浓度孵化用水质量及泥鳅卵粒数均保持一致。

表 1 中性电化水处理泥鳅卵孵化预试验设计

组别	电化水浓度 (%)	泥鳅卵 (粒)
A	100	500
B	50	500
C	10	500
D(对照)	0	500

1.2.2 重复验证试验 在预试验基础上分别采用不同浓度电化水,在不同繁殖时段分别进行 4 次重复验证孵化试验(表 2),每个浓度组均设 3 个重复,每个重复投放泥鳅卵 1 000 粒。其中第 3 次试验设置 15% 浓度 2 组:一组为提前 12 h 制水(15% 前),一组是试验前 30 min 制水(15% 后)。并且根据华罗庚-优选法(黄金分割点 0.618),在 15% 浓度组基础上设定 24.27% 浓度组。

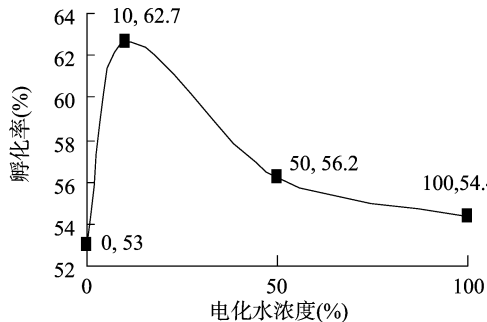


图 1 中性电化水孵化泥鳅卵预试验结果

度升高孵化率呈下降趋势,孵化率最高为 15% 浓度组;第 3 次重复试验中,电化水组孵化率均高于对照组,其中电化水 15% (后) 组孵化率略高于 15% (前) 组,24.27% 组孵化率最高,达 73.3%;第 4 次重复验证试验中,24.27% 浓度组孵化率最高,达 67.7%。

2.3 中性电化水与池塘水孵化泥鳅卵胚胎发育对照情况

本研究对泥鳅卵胚胎发育观察从受精卵开始,根据文献[6-9],分别记录 24.27% 浓度电化水组与对照组的受精卵、

卵裂、囊胚、原肠胚、神经胚、器官发生和孵化 7 个阶段及典型的发育时期(表 5、图 6)。

表 4 不同电化水浓度处理对泥鳅卵孵化率的影响

第 1 次试验					第 2 次试验				
初始水温 (℃)	孵化时间 (h)	初始 pH 值	电化水浓度 (%)	平均孵化率 (%)	初始水温 (℃)	孵化时间 (h)	初始 pH 值	电化水浓度 (%)	平均孵化率 (%)
27.5	20.6 ~ 22.2	7.2	5	66.2	26.2	21.7 ~ 23.5	7.5	15	71.7
			10	71.9				35	69.2
			15	75.1				50	67.4
			0	63				0	64
第 3 次试验					第 4 次试验				
初始水温 (℃)	孵化时间 (h)	初始 pH 值	电化水浓度 (%)	平均孵化率 (%)	初始水温 (℃)	孵化时间 (h)	初始 pH 值	电化水浓度 (%)	平均孵化率 (%)
28.2	15(前)	75.5	18.6 ~ 20.2	7.4	17.5	24.27	67.7	49 ~ 55	7.2
			15(后)	78.5				50	64.4
			24.27	82.9				75	59.2
			0	73.2				0	58.5

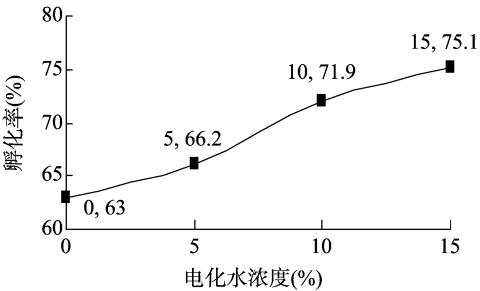


图2 第 1 批泥鳅卵孵化试验结果

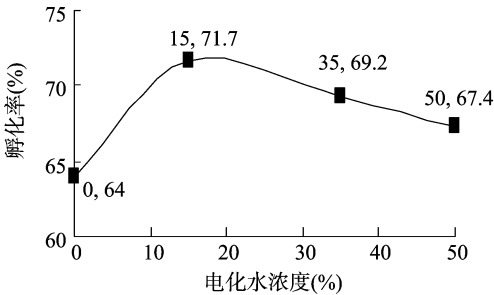


图3 第 2 批泥鳅卵孵化试验结果

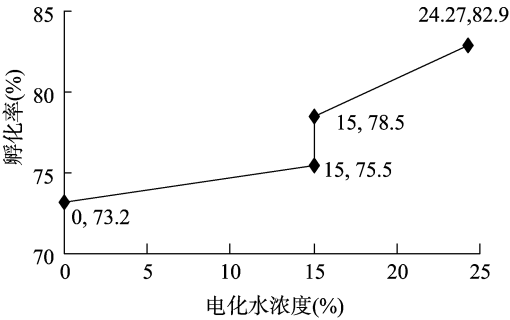


图4 第 3 批泥鳅卵孵化试验结果

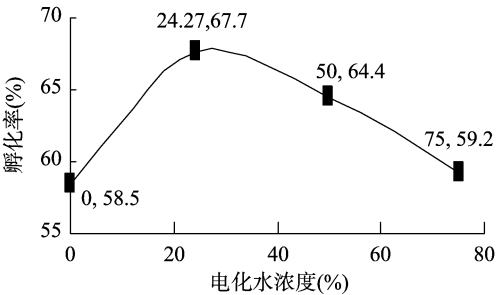
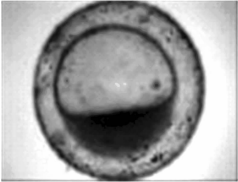
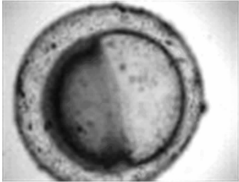
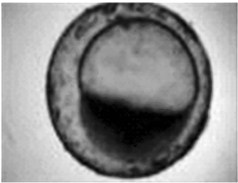
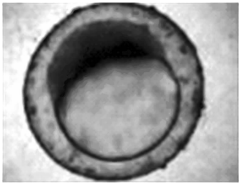
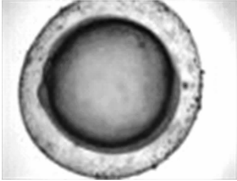
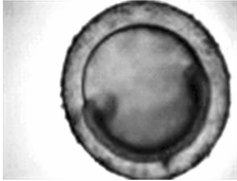
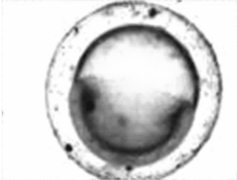
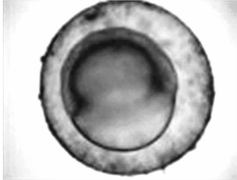
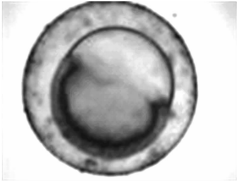
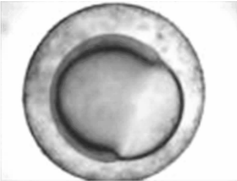
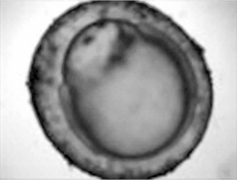
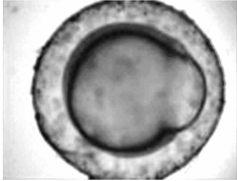
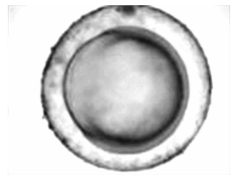
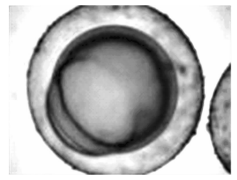
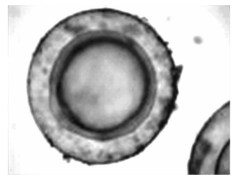
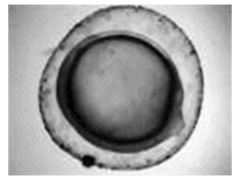
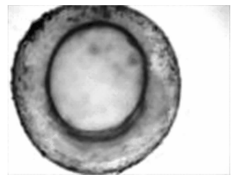
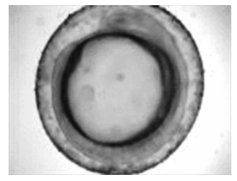
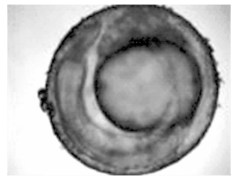
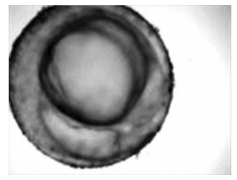
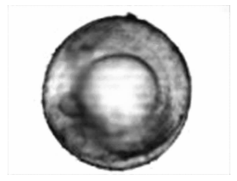
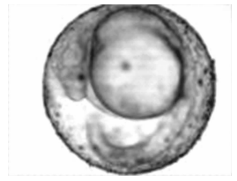


图5 第 4 批泥鳅卵孵化试验结果

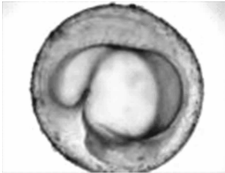
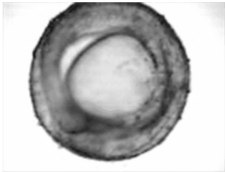
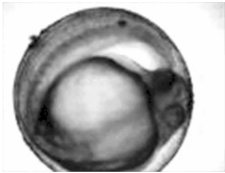
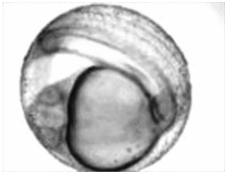
表 5 24.27% 电化水组与对照组胚胎发育对照情况

主要发育阶段	特征描述	电化水组胚胎	对照组胚胎
受精卵/胚盘形成期	卵球分化动物极和植物极,原生质集中到动物极,隆起形成帽状胚盘		
卵裂/桑椹期	胚盘经 2、4、8 细胞期,多细胞期持续分裂后,细胞数几何级数上升,呈桑椹状		

续表 5

主要发育阶段	特征描述	电化水组胚胎	对照组胚胎
囊胚期	囊胚层高度下降,并有下包趋势		
原肠期/初期	囊胚层下包卵黄 1/3 ~ 1/2,内卷形成胚环		
原肠期/中期	囊胚层下包卵黄 1/2 ~ 2/3		
原肠期/晚期	囊胚层下包卵黄 2/3 ~ 5/6		
神经胚期	胚层几乎包围全部卵黄,头部雏形可见		
神经胚期/胚孔封闭期	胚盘完全包裹卵黄,胚体开始形成		
器官发生/尾泡出现期	尾部出现圆形亮点,即尾泡		
器官发生/尾芽出现期	尾部变圆,出现锥形尾芽		
器官发生/耳囊出现期	出现透明的泡状耳囊		

续表 5

主要发育阶段	特征描述	电化水组胚胎	对照组胚胎
器官发生/肌肉效应期	肌节 22 对, 胚体中断出现间歇性肌肉收缩		
孵化期	胚胎即将出膜, 胚体在膜内不时滚动		

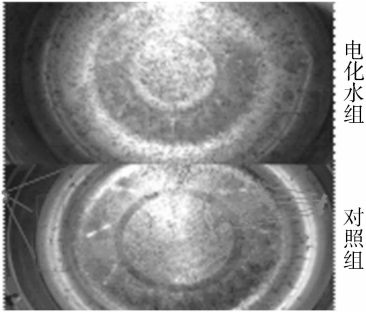


图6 2 组孵化鱼苗对比

3 讨论

3.1 中性电化水对泥鳅卵孵化率的影响

本研究的预试验结果显示,100%、50%、10% 孵化率均高于对照组,其中 10% 组孵化率最高(表 3、图 1),因此,以预试验结果为基础,进行 4 次重复验证试验。分别试验不同浓度梯度电化水对泥鳅卵的孵化效果(表 2)。每次试验进行组内比较,甄选最适电化水孵化浓度,已有结果表明,15.00%~24.27% 为最适电化水孵化浓度范围,其中与对照组相比孵化率最多可提高 9.7 百分点。在第 1 次孵化试验中 5% 电化水浓度组孵化率低于对照组,第 4 次试验中 75% 电化水组孵化率 59.23%,接近对照组 58.5%(表 4、图 2 至图 5)。综合不同电化水浓度组孵化率分析,电化水浓度过低、过高均不能有效提高孵化率,甚至可能产生负面效应。

在本试验中不同批次相同浓度组孵化率不尽相同,如第 1 次 15% 浓度组孵化率为 75.1%,第 2 次 15% 浓度组孵化率为 67.4%。4 次重复验证试验使用池塘水孵化的对照组孵化率也均不相同(表 4),其原因主要为以下 3 点:(1)亲本不同。为保证本次试验具有代表性,每次取卵均在亲鱼统一催产后,随机选择同一批亲本进行收集,而不同亲本的体质、受精卵活性均有差异,因此对孵化率也存在一定影响。(2)水温。本研究为确保该项技术的可推广性,全程模拟该繁育场常规操作流程,试验点选择其孵化车间,水温不可控。而已有研究表明,水温变化对泥鳅繁殖有重要影响^[10-11]。水温在 22~24℃ 范围内,泥鳅孵化率为 73.5%;24~26℃ 时,孵化率达 77.4%,温度升至 26~28℃ 时,孵化率降低为 60.1%。孟庆

磊等也报道水温对泥鳅卵孵化的畸形率、死亡率均存在较高影响^[8]。而本研究中,4 次试验的初始水温分别为 27.5、26.2、28.2、17.5℃,且昼夜水温不一致,因此水温也是影响孵化率的一个主要因素。(3)试验环境。4 次孵化试验的时间前后相差 8 个月(表 2),因此试验环境也略有不同,包括水质状况,如池塘水中的溶氧量、水生生物的种类及数量等,孵化车间的采光强度、室温等也都会影响泥鳅卵的孵化率^[12]。

综上所述,由于亲本、水温、试验环境的因素,泥鳅卵孵化存在外界影响因素,但通过比较各批次试验组组内孵化率,一定浓度的电化水用于泥鳅卵孵化是可行的。

3.2 中性电化水对孵化率的影响因素

鱼卵孵化用水关系繁育成败。戈贤平等研究发现,池塘水中卵、苗的敌害生物很多,其中以剑水蚤(本研究也有发现,图 7)、水蚤、轮虫、霉菌等最为常见^[12],它们不仅消耗水中氧气,且对卵、苗的攻击力极强,能破坏卵膜、损害胚胎、啄死鱼苗,严重时可造成卵、苗全军覆没,且剑水蚤等幼体繁殖速度快,因此必须在孵化前进行根治。传统鳅卵孵化操作常需在孵化过程中多次应用 90% 晶体敌百虫或亚甲基蓝、灰黄霉素、制霉菌素、克霉唑等泼洒、浸泡处理。在本研究中均未使用任何化学药品,而对对照组中发现有卵感染水霉菌(图 8),同时在对照组孵化池水发现有较多的剑水蚤、轮虫等水生动物(图 7),而在电化水组中,则未出现上述现象。

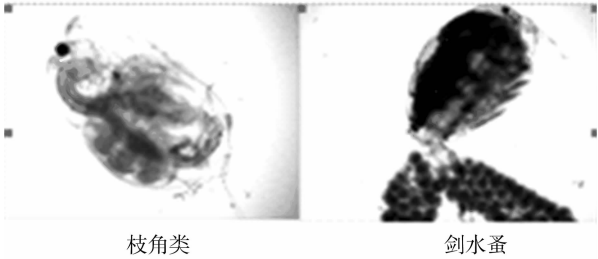


图7 对照组孵化缸的剑水蚤和轮虫

有研究表明,中性电解水 3 min 内能有效杀灭鸡蛋表面鸡白痢沙门氏菌[初始菌落对数为 6.19~6.26 lg(CFU/g)],大肠杆菌 O157:H7[初始菌落对数为 6.12~6.19 lg(CFU/g)],且处理废液中无残存菌、无二次污染问题^[13-14]。在蛋种鸡场应用中性电化水喷雾灭菌时发现,其效果优于过氧乙酸/双氧水消毒剂与聚维酮碘消毒剂。笔者利用池塘水含多种水生

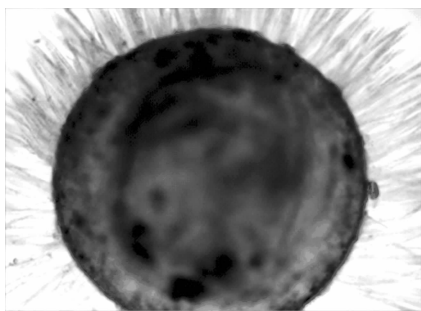


图8 对照组孵化卵感染水霉

生物的导电特性,通过钛电极板输送电能至水体,改变水体理化特性,产生电气浮、电离净化、电絮凝等效能,通过精密介质过滤器将原水中藻类、寄生虫等残渣、凝物清除,同时产生 75 mg/L 有效氯、30 mg/L 臭氧以及 25 mg/L 双氧水,pH 值在 6.5~8.0,氧化还原电位在 800~1 300 mV 的中性杀菌电化水,经试验验证,该中性杀菌电化水作用时间 5 min,可定量杀灭水产养殖常见菌嗜水气单胞菌落对数 8.82 lg (CFU/g)、维氏气单胞菌落对数 8.64 lg (CFU/g)、豚鼠气单胞菌落对数 7.79 lg (CFU/g)、不动杆菌菌落对数 8.94 lg (CFU/g)。且保存 24 h 后对上述病菌杀灭率依然达 100%,表明中性杀菌电化水能有效杀灭养殖水体中的细菌。

通常好氧菌生长环境的适宜 ORP 值范围在 200~800 mV,厌氧菌适宜 ORP 值范围在 -700~200 mV。而中性电化水具有的高氧化还原电位改变病菌生存条件,杀灭、抑制细菌生长,达到物理杀菌效果。电化水中有效氯主要为次氯酸分子 (HClO),有研究表明,相同有效氯浓度和处理时间,次氯酸对大肠杆菌的杀灭能力是次氯酸根离子的 80~150 倍^[15],且由于强氧化性物质及高氧化还原电位均不稳定,杀菌后可还原成普通水,对环境无污染^[16~17]。

笔者在相关研究中尝试用中性电化水孵化卵径较大、卵膜较薄的南方大口鲇卵,结果发现在 100%、75% 电化水浓度下,细胞膜在 2~4 h 内卵膜破裂,这也印证了中性电化水具有与化学药物相近的杀灭细菌、水藻、寄生虫的能力,适宜的电化水浓度有助于提高孵化用水品质,有效降低病菌、寄生虫等对卵孵化的影响,且避免使用化学药品,降低养殖成本,确保持续产出质量安全的水产品,杜绝二次污染。

目前,笔者所在的项目组开展相关研究探索中性电化水的效用时间、影响因子等,进一步改进电化设备,以期将该技术扩展应用于更多名优鱼种的鱼卵孵化,减轻环境污染,提高养殖户效益。

3.3 中性电化水孵化泥鳅卵胚胎发育影响

通过对照 24.27% 电化水组与对照组泥鳅卵不同胚胎发育阶段以及苗种的形态观察,适宜浓度的中性电化水不会对泥鳅卵胚胎发育造成不良影响。而针对电化水是否影响鳅卵胚胎发育阶段时程,将在后续研究中进一步探索。

4 结论

本试验结果显示,通过物理方法絮凝过滤池塘水中污物

杂质,产生强氧化性物质代替化学药品杀灭细菌、水藻、寄生虫的中性电化水,有助于提高鳅卵孵化率,其最适孵化浓度范围在 15.00%~24.27%,24.27% 浓度组孵化率为 82.9%,比对照组高 9.7 个百分点,且不会影响泥鳅卵的胚胎和鳅苗的发育。

参考文献:

- [1] 赵振山,高贵琴,印杰,等. 泥鳅和大鳞副泥鳅营养成分分析[J]. 水利渔业,1999,19(2):18-19.
- [2] Chew S F, Jin Y, Ip Y K. The loach *Misgurnus anguillicaudatus* reduces amino acid catabolism and accumulates alanine and glutamine during aerial exposure[J]. Physiological and Biochemical Zoology, 2001,74(2):226-237.
- [3] 钦传光,黄开勋,徐辉碧,等. 泥鳅多糖对化学性肝损伤的保护作用[J]. 中医学报,2001,29(4):31-32,0.
- [4] 王武,雷慧僧,薛镇宇,等. 池塘养鱼新技术[M]. 北京:金盾出版社,2008:162-164.
- [5] 朱玉婵,任占冬,陈红梅,等. 中性氧化电解水杀菌剂制备新工艺及杀菌作用[J]. 农药,2010,49(12):889-891,894.
- [6] 张玉明,田秀娥,王永军,等. 安康地区泥鳅胚胎发育研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(23):12434-12436.
- [7] 杨荣华,朱逸仁. 泥鳅胚胎与鱼苗发育的研究[J]. 辽宁师范大学:自然科学学报,1991,14(1):46-52.
- [8] 孟庆磊,朱永安,王玉新,等. 大鳞副泥鳅胚胎发育观察[J]. 齐鲁渔业,2010,27(11):8-10.
- [9] 艾炎军,曾庆韬. 温度对大鳞副泥鳅胚胎发育的影响[J]. 实验室研究与探索,2007,26(2):25-27.
- [10] 施颂发. 稻田养殖黄鳝泥鳅[M]. 北京:中国农业出版社,1999:22-25.
- [11] 吴宗文,高启平,吴青,等. 泥鳅养殖[M]. 成都:四川科学技术出版社,2011:13-18.
- [12] 李彩娟,凌去非,葛瑶辰,等. 中国 4 大湖泊大鳞副泥鳅群体遗传多样性分析[J]. 江苏农业学报,2014,30(5):1087-1094.
- [13] 戈贤平,赵永锋. 大宗淡水鱼[M]. 北京:中国农业出版社,2013:74-75.
- [14] 郑炜超,李保明,尚宇超,等. 蛋种鸡场中性电解水带鸡喷雾消毒试验研究[J]. 农业工程学报,2010,26(9):270-273.
- [15] 朱志伟,李保明,李永玉,等. 中性电解水对鸡蛋表面的清洗灭菌效果[J]. 农业工程学报,2010,26(3):358-362.
- [16] Anonymous S. Principle of formation of water[M]. Sakae,Toyoake, Aichi,Japan:Hoshizaki Electric Co Ltd,1997.
- [17] Abadias M, Usall J, Oliveira M, et al. Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008,123(112):151-158.
- [18] Gómez-López V M, Ragaert P, Ryckeboer J, et al. Shelf-life of minimally processed cabbage treated with neutral electrolysed oxidising water and stored under equilibrium modified atmosphere[J]. International Journal of Food Microbiology, 2007,117(1):91-98.