

Relationship of Density, Light Intensity, Photoperiod to Hatching Rate of Artemia Resting Eggs

Wenjing Shi¹, Ying Xu¹, Chuankun Zhu¹, Zhengjun Pan¹, Hui Wang^{1*}, Xiangsheng Yu²

¹Life Science School of Huaiyin Normal University, Huaian Jiangsu

²Huaian Fishery Technology Guidance Station, Huaian Jiangsu

Email: *hytcwhh@hytc.edu.cn

Received: Mar. 7th, 2017; accepted: Mar. 28th, 2017; published: Mar. 31st, 2017

Abstract

Using response surface methodology and central composite design, we examined the relationships among density (D), light intensity (L), photoperiod (P) and hatching rate of artemia resting eggs. The results showed that the linear effect of density had significant effect on hatchability ($P < 0.05$), and the quadratic effect of density was very significant ($P < 0.01$). With the increase of density, the hatching rate decreased after an initial increase. The linear and quadratic effects of light intensity were not significant ($P > 0.05$). The linear effect of photoperiod was very significant ($P < 0.01$); the quadratic effect of photoperiod had significant on hatch ($P < 0.05$). The longer the photoperiod, the higher the hatching rate. No significant intensity interactive effect was found between density and light intensity on hatchability ($P > 0.05$), and the interaction between light intensity and photoperiod was very significant ($P < 0.01$); light intensity and photoperiod had no significant interaction on the hatching rate. The quadratic multiple regression equation of hatching rate towards density, light intensity and photoperiod had high goodness of fit, and could be used to predict; the optimum condition for hatch was the combination of density 1.12 g·L⁻¹, light intensity 1598 lux and photoperiod 23L:01D, under which the hatchability reached 96.56% with the reliability peaked to 91.35%.

Keywords

Artemia, Hatchability, Density, Light Intensity, Photoperiod, Response Surface Methodology

密度、光照强度及光周期与卤虫休眠卵孵化率间的关系

史文竞¹, 徐颖¹, 朱传坤¹, 潘正军¹, 王辉^{1*}, 余祥胜²

¹淮阴师范学院生命科学学院, 江苏 淮安

*通讯作者。

²淮安市水产技术指导站, 江苏 淮安
Email: *hytcwhh@hytc.edu.cn

收稿日期: 2017年3月7日; 录用日期: 2017年3月28日; 发布日期: 2017年3月31日

摘要

本试验采用响应面法和中心复合试验设计的方法, 考察了卤虫密度(D)、光照强度(L)以及光照周期(P) 与卤虫休眠卵孵化率之间的关系。试验结果表明, 密度的一次效应对卤虫孵化的影响显著($P < 0.05$)、二次效应对孵化的影响极显著($P < 0.01$), 随着密度的增加, 孵化率呈先上升后下降的趋势。光照强度的一次效应、二次效应的影响均不显著($P > 0.05$)。光周期的一次效应对孵化的影响极显著($P < 0.01$)、二次效应对孵化影响显著($P < 0.05$), 光周期越长, 孵化率越高。密度与光照强度间无交互作用($P > 0.05$), 密度与光照周期两者之间的交互作用极显著($P < 0.01$), 光照强度与光照周期间无交互作用。密度、光照强度、光照周期对孵化率的二次多元回归方程的拟合程度高, 可用来预测, 最佳优化条件组合为密度 $1.12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, 光照强度为 1598 lux 、光照周期为 $23\text{L}:01\text{D}$, 孵化率可达 96.56% , 可靠性达 91.35% 。

关键词

卤虫, 孵化率, 密度, 光照强度, 光周期, 响应曲面分析

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

卤虫(Brine shrimp)俗称丰年虫, 又称盐水虾, 分类上属无甲目、盐水丰年虫科、卤虫属(*Artemia*), 是一种重要的水产动物的饵料和实验室的动物研究材料。

关于卤虫的研究可追溯到 1775 年, 而作为水产动物饵料的研究, 则是从 20 世纪 30 年代开始。Seale 和 Rollefson 于 1933 年先后将卤虫作为蝶类仔鱼和培育鱼苗的饵料均获得了成功, 自此卤虫作为水产动物的饵料而被国内外广泛研究。温度、盐度、pH 值等对卤虫休眠卵孵化率的影响已有报道[1] [2] [3] [4]。密度和光照周期对卤虫生长、繁殖的影响亦有研究, 如张闰生等[5]和黄旭雄等[6]分别探讨了密度、光照周期对卤虫繁殖的影响, 以及廖永岩等[7]研究了密度对卤虫生长的影响。光照强度作为对卤虫孵化影响的一个重要的因子, 国内外均已有报道, 如 Linden 等[8]表明光照对孵化有明显刺激作用; 张强等[9]对巴里坤湖卤虫卵的研究, 光照对孵化率没有影响, 但会影响孵化的同步性; Asil 等[10]研究了光照强度对卤虫孵化、生长参数的影响; 不同品种的卤虫对光照的要求不同[11]; 王忠良等[12]利用响应面法研究光强和盐度对卤虫卵孵化率的联合效应, 指出光强和盐度的一次效应、二次效应对孵化率均有极显著的影响, 但两者间无交互影响; 张闰生等[13]采用正交实验发现温度、盐度、光照强度和 pH 对卤虫孵化均有极显著的影响, 温度和光照间存在很强的交互作用。但密度、光照强度与光照周期对卤虫孵化率的影响尚未见报道, 所以本试验选用这三个因子, 利用响应面法和中心复合试验设计(CCD)考察这三个因子对孵化率的影响, 研究结果可为提高卤虫孵化率提供有价值的参考依据。

2. 材料与方法

2.1. 材料

试验所用卤虫卵产地为天津, 经过观察该卤虫为行孤雌生殖的卤虫(*Artemia parthenogenetica*)。适宜温度范围为 26℃~28℃; 盐度范围为 10‰~35‰; pH 值范围 7.8~8.5; 24 小时以后收集。

2.2. 试剂的配置

2.2.1. 孵化液的配制

用天平称取食用盐(主要成分为 NaCl), 分别置于装有 1000 ml 的经过泵气 24 h 后的自来水的烧杯中, 使用手持式盐度计调节盐度至 20‰, 并用碳酸钠和碳酸氢钠调节 pH 至 8.5。

2.2.2. 去壳液的配制

按 Sorgeloos [14]的方法配制去壳液, 即每克卵需 13 ml 的去壳液, 以有效氯含量为 10%的 NaClO 的来算, 每 10 克卵需要 10% NaClO 50 ml、淡水 80 ml、NaOH 1.3 g, 根据实验所用卤虫卵的质量计算出所需 NaClO、NaOH、淡水的量。

2.3. 孵化

称取 0.1 g、1.05 g、2.0 g 的卤虫卵 4 份、9 份、4 份, 分别倒入 1000 ml 的烧杯中, 加入曝气的自来水 500 ml, 用气泵泵气使得卤虫卵得以悬浮, 充气 2 h。

将浸泡 2 h 后的各份卤虫卵样品分别用孵化液冲置 1000 ml 烧杯中, 并定容至 1000 ml, 按照试验设计的光照强度与光照周期放入人工气候培养箱中孵化, 孵化过程中一直用气泵泵气使卤虫卵上下翻滚。通过人工气候培养箱(MGC-800HP, 上海一恒)调节孵化温度, 使孵化的温度维持在 28℃左右; 盐度为 20‰; pH 为 8.0 ± 0.03 。试验所设置的光照强度通过灯管个数以及灯管与水面之间的距离来调节, 并用照度计(AR813A, 希玛公司)来测定, 光照周期通过人工气候培养箱(MGC-800HP, 上海一恒)设定。

2.4. 试验设计与结果

试验前通过对密度、光照强度及光照周期的单因子试验, 确定实验时卤虫孵化的密度、光照强度与光照周期的范围。试验采用中心复合试验设计(CCD), 响应值为孵化率, 因子为密度(0.1 g~2.0 g)、光照强度(1000~3000 lux)、光照周期(00L:24D~24L:00D); 试验因子点子数为 8, 轴点数为 6, 中心点子数为 3, 星号臂为|1|, 共计 17 组试验。孵化率测定每组合内抽测 3 次。密度、光照强度与光照周期 3 个因子的试验设计与结果见表 1。

2.5. 孵化率测定与计算

孵化率的测定按照比利时根特大学 A.R.C. (Artemia Reference Center)方法[15], 孵化 24 小时之后, 用虹吸管在每组中吸取 3 个样品, 每个样品中大约为 100 个无节幼体和未孵化的卤虫卵, 将样品过滤移置滤纸上, 在体式显微镜下计数无节幼体数, 计算出平均值 N。将样品用孵化液冲置 500 ml 的烧杯中, 再将配好的去壳液滴入烧杯中去壳 10 min, 直至卤虫卵呈现橙色, 计数未孵化的卤虫卵, 计算平均值 C。

$$\text{孵化率(H\%): } H\% = \frac{N}{C+N} \times 100$$

2.6. 数据处理

应用 Statistica 10.0 软件对实验数据进行处理、分析, 以密度、光照强度、光照周期为自变量, 孵化

Table 1. Experimental design and results**表 1.** 试验设计及结果

组合 Run	实际值 Actual value			孵化率平均值 hatchability
	密度/g·L ⁻¹ Density	光照强度/lux Light intensity	光照周期/h Photoperiod	
1	1.05	2000	15	93%
2	1.05	3000	24	90%
3	1.05	2000	15	96%
4	0.1	2000	24	85%
5	1.05	2000	15	96%
6	2.0	1000	15	79%
7	1.05	2000	15	91%
8	1.05	1000	6	83%
9	1.05	3000	6	86%
10	1.05	2000	15	92%
11	1.05	1000	24	96%
12	0.1	3000	15	88%
13	0.1	2000	6	82%
14	2.0	2000	24	90%
15	2.0	2000	6	67%
16	0.1	1000	15	81%
17	2.0	3000	15	79%

率为因变量，拟考察该三试验因子对于卤虫孵化率的影响方式，并绘制出相应的曲面图，得出最佳试验因子组合。显著水平设定为 $P < 0.05$ 。

3. 结果

3.1. 密度与光照强度对卤虫休眠卵孵化率的影响

通过响应面法得到密度与光照强度对于卤虫孵化率影响的响应曲面图(图 1)。由图 1 可知，在试验光照强度下，光照强度对于卤虫孵化的影响不显著。密度对于卤虫孵化的影响呈现出先增高后降低的趋势，具体表现为，0.1~1.05 g·L⁻¹ 时，随着密度的增大，休眠卵孵化率呈升高趋势，密度大于 1.05 g·L⁻¹ 时孵化率呈下降趋势；密度与光照强度的等高线呈非椭圆形，表明两者间交互作用不显著。

3.2. 密度与光照周期对卤虫休眠卵孵化率的影响

由图 2 可知，光照周期与卤虫的孵化率呈正相关，即曝光时间越长，孵化率越高；密度对孵化率的影响呈现出先增高后降低的趋势，在 1.05 g·L⁻¹ 时出现极值，密度大于 1.05 g·L⁻¹ 时孵化率明显下降；密度与光照周期的等高线趋于椭圆形，两者的交互作用对卤虫孵化率的影响极显著($P < 0.01$)。

3.3. 光照强度与光照周期对卤虫休眠卵孵化率的影响

由图 3 可知，光照强度在 1000 lux~3000 lux 范围内，随着曝光时间的增加，孵化率也随之升高，光

照周期与孵化率间呈正相关，极值为 24 h；两者间交互作用不显著。

3.4. 孵化条件拟合优化

运用 Statistica 10.0 软件对卤虫孵化率结果进行二次回归拟合，对孵化率条件进行优化，方差分析结果见表 2。如表 3 所示，模型 $P = 0.0004 < 0.01$ ，表示所建立的回归模型极其显著；失拟项 $P = 0.4248 > 0.05$ ，表示拟合的模型有效。密度、光照强度与光照周期的一次效应 P 分别为 0.0124、0.5939 与 0.0003，表示密度的一次效应对孵化率的影响显著 ($P < 0.05$)，光照强度的一次效应对卤虫休眠卵的孵化率影响不显著，光照周期对卤虫孵化率的影响极显著 ($P < 0.01$)。密度、光照强度与光照周期的二次效应 P 分别为 $P < 0.0001$ 、0.1297 与 0.0425，表示密度的二次效应对卤虫孵化率的影响极显著 ($P < 0.01$)，光照强度的二次

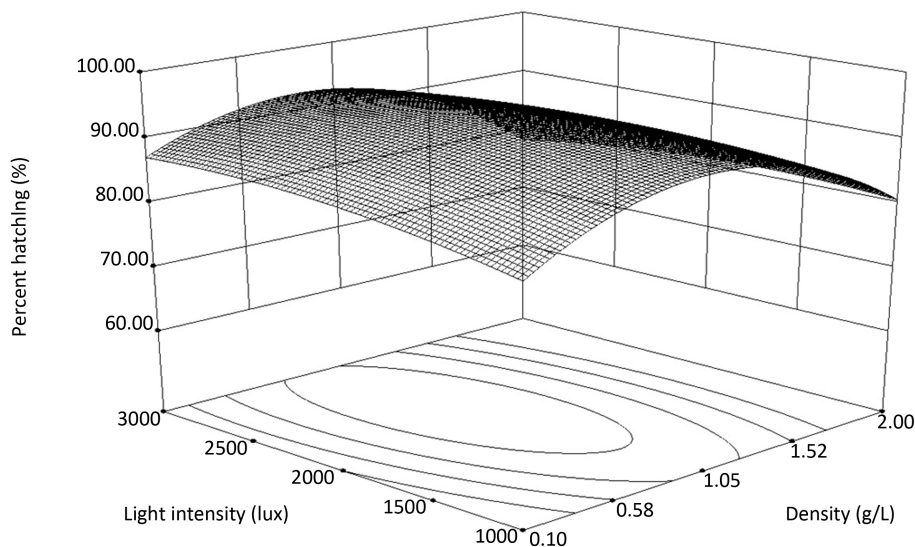


Figure 1. Response surface for the combined effects of density and light intensity on the hatching rate of artemia resting eggs

图 1. 密度与光照强度对卤虫休眠卵孵化率影响的响应曲面图

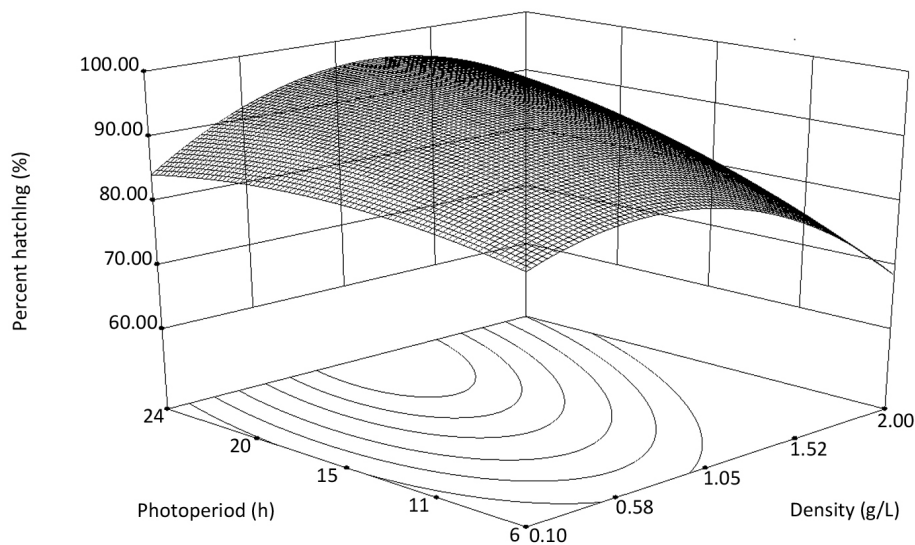


Figure 2. Response surface for the combined effects of density and photoperiod on the hatching rate of artemia resting eggs

图 2. 密度与光照周期对卤虫休眠卵孵化率影响的响应曲面图

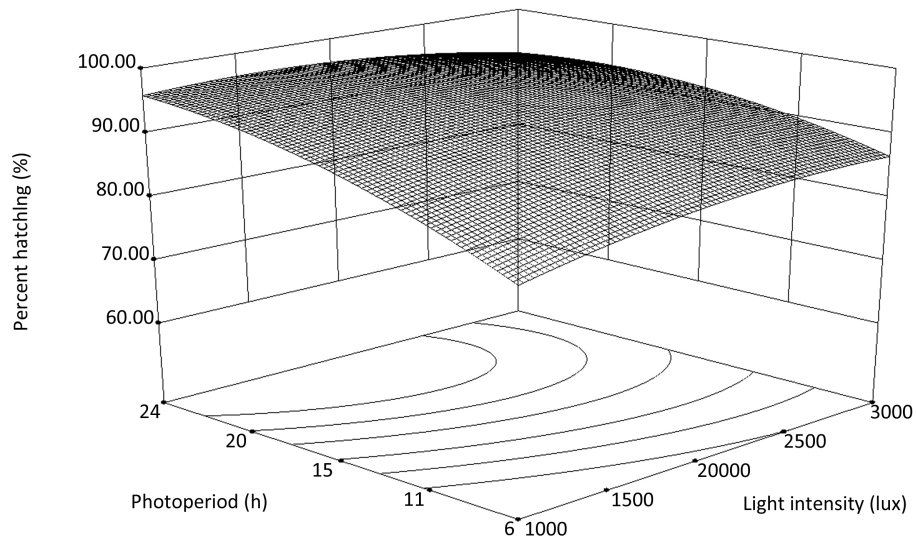


Figure 3. Response surface for the combined effects of light intensity and photoperiod on the hatching rate of artemia resting eggs

图 3. 光照强度与光照周期对卤虫休眠卵孵化率影响的响应曲面图

Table 2. ANOVA for hatching rate of artemia resting eggs

表 2. 卤虫休眠卵孵化率模型的方差分析

变异源	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>
Source of variation	Sum of squares	<i>df</i>	Mean square		
模型 model	0.093	9	0.01	19.77	0.0004
残差 residual	3.66×10^{-3}	7	5.22×10^{-4}		
失拟项 lack of fit	1.71×10^{-3}	3	5.70×10^{-4}	1.17	0.4248
纯误差 pure error	1.95×10^{-3}	4	4.87×10^{-4}		
	$R^2 = 0.9621$				
					Adj. $R^2 = 0.9135$

Table 3. The significance test of the regression equation for the hatching rate of artemia resting eggs

表 3. 卤虫休眠卵孵化率模型回归方程的显著性检验

截距	回归系数	标准误	95%置信上限	95%置信下限	<i>P</i>
Intercept	Estimate of coefficients	Standard error	95% Upper limit of confidence	95% Lower limit of confidence	
D	-0.027	0.00808	-0.007869	-0.046	0.0124
L	0.004513	0.00808	0.024	-0.015	0.5939
P	0.054	0.00808	0.073	0.035	0.0003
D × L	-0.019	0.011	0.007846	-0.046	0.1372
D × P	0.054	0.011	0.081	0.027	0.0022
L × P	-0.025	0.011	0.002221	-0.052	0.0666
D²	-0.098	0.011	-0.072	-0.12	< 0.0001
L²	-0.019	0.011	0.007216	-0.045	0.1297
P²	-0.028	0.011	-0.001234	-0.054	0.0425

注：表 3 中各项系数效应的估计以编码形式给出。

效应对卤虫卵的孵化率影响不显著,光照周期的二次效应显著($P < 0.05$)。密度与光照强度、密度与光照周期、光照强度与光照周期的交互作用 P 分别为 0.1372、0.0022、0.0666,表明密度与光照周期期间的交互作用有显著作用($P < 0.01$)。

密度、光照强度、光照周期与孵化率的二次多元回归系数方程为

$$H = 0.56808 + 0.14632 D + 1.44 \times 10^{-4} L + 0.015085 P - 2.02 \times 10^{-5} D \times L + 6.31 \times 10^{-3} D \times P - 2.76 \times 10^{-6} L \times P - 0.10902 D^2 - 1.91 \times 10^{-8} L^2 - 3.4 \times 10^{-4} P^2$$

该方程的决定系数 $R^2 = 0.9621$,说明该模型的拟合程度好,因此可以利用该模型对卤虫休眠卵在不同的密度、光照强度与光照周期条件下进行预测。通过 Statistica 10.0 软件对模型的分析得到最佳的实验条件组合为密度 $1.12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,光照强度 1598 lux 、光照周期 $23\text{L}:01\text{D}$,最高孵化率可达 96.56% ,可靠性达 91.35% 。该可靠性计算方法请见文献[16]。

4. 讨论

4.1. 密度对于卤虫孵化的影响

密度、光照强度与光照周期作为卤虫孵化的条件因子,直接影响着卤虫的孵化率,而不同品系、不同地方的卤虫对孵化的密度、光照强度及光照周期的要求也不同[12],因此不同的密度、光照强度与光照周期对卤虫孵化率产生的影响也有所差异。实验结果表明,密度的一次效应对卤虫孵化率的影响显著($P < 0.05$),密度的二次效应对卤虫休眠卵的孵化影响极显著($P < 0.01$)。孵化率随着密度的增加呈现出先升高后降低的趋势,在 $1.05 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,孵化率达到最高,高于或低于 $1.05 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时孵化率均明显降低。赵乃刚[17]发现,对于 *Artemia salina* 品种的卤虫在静水和不充氧的条件下时, $0.01 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的孵化密度,卤虫卵的孵化率为最高,达到 73.43% ;而在流水条件下,卤虫卵密度由 $2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 提高到 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 孵化率都没有下降。本实验的结果与其不同,而产生这一结果的原因可能是卤虫品系的不同亦或是孵化条件的不同,赵乃刚采用的是人工不充氧的条件孵化卤虫卵和在流水条件下孵化,而本实验采取的是在充氧、不换水的条件下孵化卤虫休眠卵。

4.2. 光照强度对于卤虫孵化的影响

在实验所设置的光照强度范围内,光照强度的一次效应、二次效应对卤虫休眠卵的孵化率均无显著影响。但是 Sorgeloos 等[18]第一次对光对卤虫孵化触发机制的研究表明,曝露在光照下的卤虫孵化率明显高于在黑暗条件下,光照对卤虫的影响显著;Shima 等[10]发现光照强度对 *Artemia urmiana* 品种的卤虫孵化率有显著的影响且在 2000 lux 时孵化率百分比最高;卞伯仲等[19]认为光照强度维持在 2000 lux 即能达到最好的效果;张闰生等[13]认为对于天津品系的卤虫孵化时的光照强度对其有明显的刺激作用,并得出的结论卤虫卵孵化两小时后再用灯光照射 1 h ,光照强度为 2000 lux 时,可以得到较好的孵化效果。上述结果基本表明光照强度在 2000 lux 时卤虫的孵化率较高,这与 Paul 等[20]实验结果不同,Paul 等认为不同产地的卤虫对光照强度的反应程度不同而同一品系的卤虫对光照强度的反应也不同。而张强等[9]研究发现光照强度对卤虫孵化率无影响但影响孵化同步性,这一结果与本试验相同,但张强等未明确所用卤虫的品系,Paul 等所用卤虫的产地也与本实验不同。

4.3. 光照周期对于卤虫孵化的影响

实验结果表明,光照周期与卤虫的孵化率呈正相关,即曝光时间越长,孵化率越高。光照时长为 24 h 时,孵化率为最高,且光照周期的一次效应对卤虫孵化率的影响极显著($P < 0.01$),二次效应对于孵化率的影响显著($P < 0.05$)。潘桂平等[21]研究表明,卤虫幼体具有趋光性,光照有利于卤虫的胚胎发育和

破膜孵出。故光照时间越长，卤虫孵化率越高。

Shima 等[10]研究表明 *Artemia urmiana* 品系的卤虫在 02L:22D 和 12L:12D 的光周期孵化效率较高。这是因为不同品系、不同地方的卤虫对孵化的密度、光照强度及光照周期的要求不同[12]。

4.4. 密度、光照强度及光周期的交互作用

实验结果表明，密度与光照强度间、光照强度与光照周期间交互作用均不显著，可能是因为光照强度对卤虫孵化率的影响不显著。密度与光照周期间交互作用显著。

试验采用的中心复合设计，最小二乘回归拟合的响应面法较单因子及传统的正交试验方法，具有可预测、回归方程拟合度高、可行性好、试验次数少等优点[16]。在实际生产应用中，可对生产加工条件进行优化，以此来降低生产成本、简化操作过程、进一步提高产品的质量，获得最佳的效益，因此得到了广泛的应用[22] [23] [24]。实验采用响应曲面法不仅得到适宜的密度、光照强度与光照周期组合，并且对其建立了二次回归方程对实验最优组合进行了预测。该最优因子组合经实验验证，得出实际最优孵化率为 96.43%。

在实际人工孵化过程中，卤虫的孵化是一个复杂的环境体系受到多种因素的影响，如温度、盐度、溶氧、pH 等，而且不同的品系所需的孵化条件也各有不同。本实验所用卤虫仅是天津市的公司出品，具体产地不知，且只是讨论了密度、光照强度及光照周期对卤虫孵化率的影响，所以还有待后续研究补充。

基金项目

江苏省海洋与渔业局三新工程项目(Y2014-30)，江苏省大学生创新创业训练计划项目(40WH000)。

参考文献 (References)

- [1] 贾沁贤, 王贻义, 卢敬让, 等. 盐度对山西盐池卤虫群体的影响[J]. 水产学报, 1995, 19(2): 168-171.
- [2] 贾沁贤, 庄玲, 周望舒, 等. 温度对中国卤虫(*Artemiasinica*)种群的影响[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 312-318.
- [3] 吕光俊. 盐度对卤虫孵化和生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(1): 109-110.
- [4] 张利, 刘海涛, 江振莹, 等. 几种影响因子与内蒙古西部地区卤虫卵孵化率相关分析[J]. 内蒙古农业科技, 2003(B12): 25-27.
- [5] 张闰生, 王馨, 徐振康. 培养密度对卤虫生长与繁殖的影响[J]. 南开大学学报(自然科学), 1994(4): 83-87.
- [6] 黄旭雄, 陈马康, 刘波. 光周期对卤虫繁殖的影响[J]. 水生生物学报, 2001, 25(3): 297-300.
- [7] 廖永岩, 许芳琳. 不同培养密度对卤虫生长的影响[J]. 海洋通报, 2004, 23(2): 88-96.
- [8] Linden, A.V.D., Blust, R. and Declair, W. (1985) The Influence of Light on the Hatching of *Artemia* Cysts (Anostraca: Branchiopoda: Crustacea). *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, **92**, 207-214.
- [9] 张强, 杨承忠, 钱翌, 等. 光照和盐度对巴里坤湖卤虫卵孵化率及孵化同步性影响的研究[J]. 八一农学院学报, 1994, 17(2): 21-24.
- [10] Asil, S.M., Fereidouni, A.E., Ouraji, H., et al. (2012) The Influence of Light (Intensity and Duration) on the Cysts Hatching Parameters and Nauplii Growth of *Artemia Urmiana* (Günther 1890). *World Journal of Zoology*, **7**, 60-64.
- [11] Vander Linden, A., Blust, R., Vanlaere, A.J., et al. (1988) Light Induced Release of *Artemia* Dried Embryos from Diapause: Analysis of Metabolic Status. *Journal of Experimental Zoology*, **247**, 131-138. <https://doi.org/10.1002/jez.1402470204>
- [12] 王忠良, 黄建盛, 张健东, 等. 响应面法分析光照强度与盐度对卤虫休眠卵孵化率的联合效应[J]. 南方水产科学, 2014, 10(3): 80-85.
- [13] 张闰生, 张莹光. 温度, 盐度, 光照和 pH 对天津卤虫卵孵化率的综合影响[J]. 南开大学学报(自然科学), 1992(3): 96-102.
- [14] Sorgeloos et al. (1977) Encapsulation of *Artemia* Cysts: A Simple Technique for the Improvement of Use of Brine Shrimp in Aquaculture. *Aquaculture*, **12**, 311-315.
- [15] 张曰祯, 马小梅. 卤虫卵孵化率检验方法的研究[J]. 天津水产, 1993(1): 22-27.

- [16] Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007: 235-259.
- [17] 赵乃刚. 影响卤虫(丰年虫)卵孵化率的一些因子及其流水孵化工艺[J]. 水产科技情报, 1980(6): 10-11.
- [18] Sorgeloos, P. (1973) First Report on the Triggering Effect of Light on the Hatching Mechanism of Artemia Salina, Dry Cysts. *Marine Biology*, **22**, 75-76. <https://doi.org/10.1007/BF00388912>
- [19] 卞伯仲. 实用卤虫养殖及应用技术[M]. 北京: 农业出版社, 1990: 67.
- [20] Vanhaecke, P., Cooreman, A. and Sorgeloos, P. (1981) International Study on Artemia. XV. Effect of Light Intensity on Hatching Rate of Artemia Cysts from Different Geographical Origin. *Marine Ecology Progress*, **5**, 111-114. <https://doi.org/10.3354/meps005111>
- [21] 潘桂平, 陈致海. 卤虫卵孵化率影响因素的探讨[J]. 水产科技情报, 1998, 25(1): 27-29.
- [22] Quintavalla, S. and Parolari, G. (1993) Effects of Temperature, aw and pH on the Growth of Bacillus Cells and Spores: A Response Surface Methodology Study. *International Journal of Food Microbiology*, **19**, 207-216.
- [23] Henriques, A.W.S., Jessouroun, E., Lima, E.L., et al. (2006) Capsular Polysaccharide Production by Neisseria Meningitidis Serogroup C: Optimization of Process Variables Using Response Surface Methodology. *Process Biochemistry*, **41**, 1822-1828.
- [24] 强俊, 任洪涛, 徐跑, 等. 温度与盐度对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼生长和肝脏抗氧化酶活力的协同影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(1): 255-263.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojfr@hanspub.org