

肖玮钰,刘可群,王 涵,等. 不同气象条件对克氏原螯虾存活和生长的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(18):181-186.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.18.037

不同气象条件对克氏原螯虾存活和生长的影响

肖玮钰¹, 刘可群¹, 王 涵², 邓爱娟¹, 干昌林²

(1. 武汉区域气候中心,湖北武汉 430074; 2. 武汉农业气象试验站,湖北武汉 430040)

摘要:为促进克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)夏季生产,提升其经济效益,设计单层透明薄膜遮盖、遮阳网遮盖及无遮盖 3 种不同遮盖处理,分别模拟盛夏高温、阴天及无处理的对照条件,研究 3 种不同气象条件对克氏原螯虾投苗存活率及生长量的影响。对养殖池溶解氧、水温等环境要素、克氏原螯虾存活率、生长量进行监测与对比分析。结果表明,夏季影响克氏原螯虾存活率的关键主要因子是溶氧量,溶氧含量高,存活率高,溶氧含量低,则存活率低;水温对投苗存活率的影响不大。投苗后遇连阴雨天气对克氏原螯虾的存活率十分不利,夏季克氏原螯虾投苗要避免连阴雨天气,尽量选择一段晴好天气,尤其是投苗后有连续晴好天气对提高虾苗的存活率有很大帮助。适应期过后,相较溶氧量,水温对虾苗生长快慢的影响更大,此时溶氧量对克氏原螯虾的生长影响相对较小。相较 30 ℃ 以上的水温,27 ~ 28 ℃ 的水温环境更适宜克氏原螯虾生长发育,当水温超过 30 ℃ 时,克氏原螯虾生长速度明显降低。适应期过后采取适当措施(如种植水草、遮阴、虾塘适量增加地下水等)降低水温,可提高克氏原螯虾生长量。

关键词:克氏原螯虾;投苗期;生长期;存活率;生长量;溶解氧;水温;气象条件

中图分类号: S968.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)18-0181-06

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)俗名小龙虾,隶属螯虾科原螯虾属^[1-4],近些年在转变农业发展方向、加快农业供给侧结构改革、提倡生态种养等政策的引导下,克氏原螯虾产业得到了迅猛发展,据全国水产技术推广总站 2017 年发布的《中国克氏原螯虾产业发展报告》显示,全国克氏原螯虾养殖面积超过 60 万 hm²,其中湖北省的产量占全国的 60% 左右,湖北、江苏等长江中下游 5 省的产量占全国的 95% 以上^[5]。影响克氏原螯虾生长发育、产量及经济价值的因素有很多,除了水域环境、敌害、捕捞、生产管理等因素外,气象因子对克氏原螯虾的生存有着十分重要的影响^[6-10]。很多学者研究认为,气象要素中光照与水温是影响甲壳动物生长发育的重要因素^[11-13],通过调节水温与光照可以影响

克氏原螯虾的生长、繁殖^[7-8,14]。张龙岗等研究了不同温度(14 ~ 30 ℃)对克氏原螯虾苗种生长存活的影响,结果显示,适当高温对其生长存活有促进作用,26 ℃ 是克氏原螯虾虾苗的最佳生长温度^[6]。李铭等的研究表明,9 ~ 18 ℃ 的低温环境下克氏原螯虾幼体生长比较慢,25 ~ 28 ℃ 温度下体长增长较快,在一定范围内提高温度可以明显促进幼体生长^[15]。光照周期、光照度均对甲壳动物生长发育有影响^[16],林小涛等研究认为,光照时间是影响罗氏沼虾幼体存活率、发育速度和体长生长率的因素之一,短光照条件下,幼体存活率下降^[17];邓慧芳的研究表明,用不透光黑薄膜遮蔽的全黑组克氏原螯虾存活率显著高于自然光组和用白光光源照射的全光照组,全光照组成活率最低;自然光组的克氏原螯虾特定生长率显著高于全黑组和全光照组^[16]。由此可见,不同的气象条件对克氏原螯虾的生长发育等影响很大。此外,克氏原螯虾虾苗投放初期对气象条件、水环境有更高的要求^[18]。但目前的研究多集中在气象要素对克氏原螯虾生长期的影响,且相关试验多开展于春季或秋冬季,对于夏季的相关研究甚少。夏季特别是盛夏 7—8 月,虽然克氏原螯虾生长缓慢,捕捞上市量下降,但克氏原螯虾价格呈现明显的上升趋势,经济收入十分可观,因此近几年夏季克氏原螯虾生产也成为了农民增收的重

收稿日期:2019-10-25

基金项目:湖北省技术创新专项重大项目(编号:2016ABA123);中国气象局业务建设项目;中国人保财险公司委托项目(编号:20160921CI000001);湖北省气象局研究型业务发展专项(编号:2019YJ05)。

作者简介:肖玮钰(1987—),女,湖北天门人,硕士研究生,工程师,主要从事水产气象、农业气象灾害评估与区划等研究。Tell:(027) 67847968;E-mail:361063532@qq.com。

通信作者:刘可群,研究员,主要从事水产养殖等研究。Tell:(027) 67847964;E-mail:kequnliu@126.com。

要时期。本研究通过不同遮盖处理模拟夏季不同天气条件下虾苗投放后的存活情况、生长发育情况,以期为养殖户提供适宜的夏季克氏原螯虾投苗后生存的气象条件,为其增产增收提供帮助。

1 材料与方法

1.1 试验设计

1.1.1 试验地点 武汉农业气象试验基地(114.05°E,30.60°N,以下简称基地)。

1.1.2 试验设计 本试验共选用 18 个完全相同的水泥池,所用的克氏原螯虾养殖在长 3 m、宽 2 m、高 1 m 的水泥池中,池子设有进水口和出水口,并种植一定的伊乐藻。在养殖池中央放置规格为 1.5 m × 1.0 m × 0.8 m 的网箱,将克氏原螯虾虾苗投放在网箱内,以便观察、称质量等。每 6 个水泥池先搭建 1 个 6 m × 6 m × 6 m 的正方体钢架,顶上再用 6 根镀锌管(内径 30 mm、厚 1.5 mm、长 6 m)搭建 1 个拱棚。1~6 号池上方用单层塑料薄膜遮盖,东西南北 4 个方向不加盖塑料薄膜以保持一定的通风;7~12 号池上方用黑色遮阳网遮盖,同样只遮盖棚的上方。本试验通过设置 3 组不同遮盖处理模拟不同气象条件下克氏原螯虾的生长状况,每组处理设有 6 个重复,即 1~6 号池为单层无色透明薄膜遮盖(以下简称增温组),模拟比自然环境下水温略高的环境;7~12 号池为遮阳网遮盖处理,模拟阴天条件(以下简称遮阳组);13~18 号池为无任何遮盖处理的自然条件(以下简称对照组)。

试验时间为 2018 年 7 月 16 日至 2018 年 9 月 3 日。为了避免长时间脱水、运输等原因对虾苗存活造成影响,试验所用虾苗来自基地周边(运输距离 10 km,运输时间 20 min 内);虾苗质量 8~10 g/尾,每个网箱虾苗投放数量均为 20 尾。

试验期间天气:适应期期间(7 月 17—31 日)试验基地仅 1 d 为晴到多云,其他均为晴天,生长期(8 月 1 日至 9 月 3 日)中仅 8 月 4 日、8 月 17 日、8 月 18 日、9 月 1 日 4d 为阴雨天,其他均为晴天。

1.1.3 饲料投喂 适应期前 5 d(2018 年 7 月 17—21 日)不喂食,适应期(试验后 6~15 d)每隔 1 d 喂食 1 次,之后喂食频率为 1 次/d,每次喂食量为虾体质量的 5%~8%。

1.2 指标测定

1.2.1 水温和溶氧量 采用美国 HOB0 公司生产的型号为 UA-002-64 的温光自动记录仪测量水

温,YSI Pro ODO 溶解氧测定仪测量溶氧量。水温和光照度记录频率为 1 次/h;于 7 月 27 日、7 月 31 日、8 月 3 日、8 月 8 日、8 月 13 日、8 月 20 日对水体溶氧量进行观测,每次测量时间均在 09:00—10:00。

1.2.2 克氏原螯虾的存活率 根据大量的实地调查,在克氏原螯虾投苗(2018 年 7 月 16 日)后 15 d 左右为适应期,适应期内比较容易发生死苗,故本研究分别在 7 月 25 日和 8 月 3 日进行了 2 次存活率观测,以 8 月 3 日观测的存活率为克氏原螯虾最终投苗的存活率。具体定义为:存活率 = 克氏原螯虾存活数量/试验开始时投入池中的虾苗数量 × 100%。

1.2.3 克氏原螯虾的生长量 于 2018 年 7 月 16 日投放虾苗,2018 年 9 月 3 日试验结束,每隔(10 ± 1) d 称质量,即分别于 7 月 16 日、7 月 25 日、8 月 3 日、8 月 13 日、8 月 23 日、9 月 3 日称质量。

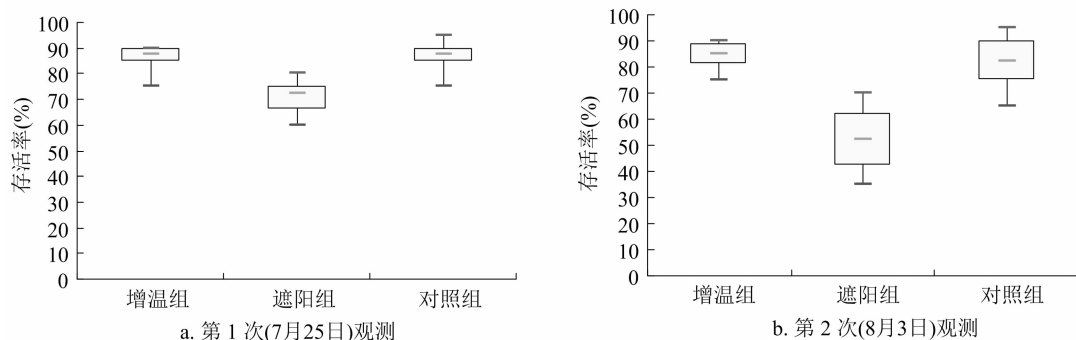
1.3 数据处理

将得到的数据进行单因素方差分析(ANOVA),检验不同处理组之间存活率、生长量的差异,当 $P < 0.05$ 时,认为各处理间差异显著。单因素方差分析用 R 语言编程实现,数据处理用 Excel 软件实现,作图用 Origin 8.0 软件实现。

2 结果与分析

2.1 不同气象条件下克氏原螯虾的存活率

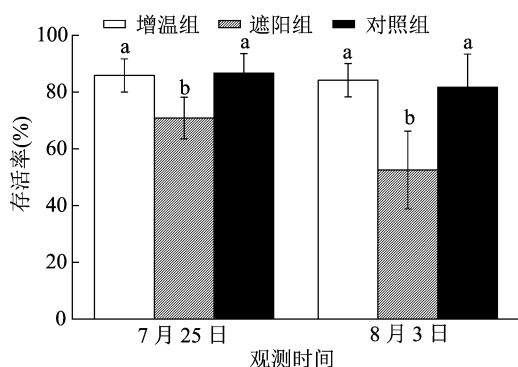
2.1.1 克氏原螯虾的存活率 从图 1 可以看出,从 7 月 16 日投放虾苗到 7 月 25 日、8 月 3 日 2 次称质量,3 组处理克氏原螯虾存活率有明显差异。2 次观测结果均显示是遮阳组克氏原螯虾整体存活率低于增温组和对照组,也就是阴天条件下克氏原螯虾存活率最低。由初测存活率(7 月 25 日)可知,遮阳组初测存活率最高的网箱为 80%,最低的网箱为 60%,剩下 4 个网箱克氏原螯虾初测存活率集中在 60%~80%,遮阳组的最大值比增温组和对照组的 25% 分位数还低;而增温组和对照组的初测存活率相对比较高,2 组中最小值均为 75%,其他网箱存活率均在 85% 以上。到 8 月 3 日观测(图 1-b)时,遮阳组克氏原螯虾投苗存活率最高的网箱为 70%,最低的网箱仅为 35%,其他 4 个网箱集中在 40%~65%,遮阳组最高存活率比增温组的最小存活率和对照组的 25% 分位数还低;增温组整体投苗存活率最高,为 75%~90%;其次为对照组,为 65%~95%。



每组数据从上至下分别为最大值、75%分位数(Q3)、中位数、25%分位数(Q1)、最小值。图3同

图1 不同气象条件下克氏原螯虾的存活率

从图2进一步看出,增温组和对照组第2次观测存活率分别为 $(84.2 \pm 5.85)\%$ 、 $(81.7 \pm 11.69)\%$;遮阳组第2次观测存活率为 $(52.5 \pm 13.69)\%$,可见遮阳组第2次观测存活率最低。从图2还可以看出,遮阳组与增温组和对照组均存在显著差异($P < 0.05$),而增温组与对照组则不存在显著差异($P > 0.05$)。



不同字母表示同一观测时间内不同处理组之间存在显著差异($P < 0.05$)。图4同

图2 不同气象条件下克氏原螯虾2次观测存活率差异性

2.1.2 克氏原螯虾适应期的环境分析 表1是适应期各网箱水温和溶氧量的平均数据。从表1可以看出,遮阳组水温最低,增温组最高,而第2次观测的存活率显示遮阳组最低,但增温组与对照组差别不大。从克氏原螯虾可生存生长水温范围看,水温在 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右是克氏原螯虾苗的最佳温度^[6-7],超出该温度后随温度的升高存活率、抗病能力显著下降。从试验情况看,相对而言遮阳组的水温应更有利于虾苗成活,但实际试验结果并非如此,说明此时温度并不是影响克氏原螯虾幼体存活的主要因子。从表1可知,遮阳组的溶氧量明显低于增温组和对照组;增温组与对照组的溶氧量观测值十分接近,其微小差异可能与溶氧量的测定先后顺序有

关^[19]。增温组和对照组的成活率也十分接近,明显高于遮阳组成活率;由此说明溶氧量对成活率十分关键。其他大量的研究也证明,虾类养殖中高溶氧量下存活率显著高于低溶氧量状态下的存活率^[20],且低溶氧量($< 3\text{ mg/L}$)是虾类养殖中最主要的限制因子之一^[21-22]。水体中的溶解氧主要来源于浮游生物的光合作用,而光照度是影响水体溶氧量的主要气象因素。前人对鱼塘养殖进行过深入研究,阴雨天条件下鱼塘中的溶氧量为 2.65 mg/L ^[19],与遮阳组的溶氧量十分接近;阴到多云条件下鱼塘中的溶氧量为 5.54 mg/L ^[19];晴天为 8.64 mg/L ^[19],与增温组溶氧量(8.29 mg/L)、对照组溶氧量(8.11 mg/L)接近。在自然阴雨天条件下鱼塘溶氧量均低于多云或晴天条件下,同时也说明遮阳组模拟自然阴天条件是可行的。

表1 不同气象条件下克氏原螯虾投苗存活率及其网箱水温与溶氧量比较

组别	投苗存活率(%)	水温($^{\circ}\text{C}$)	溶氧量(mg/L)
增温组	84.2	32.6	7.5
遮阳组	52.5	29.4	3.0
对照组	81.7	31.4	7.3

综上所述,在夏季克氏原螯虾投苗后影响其存活率的关键主要因子是溶氧量,且溶氧量高,存活率高;溶氧量低,则存活率低。水温对存活率影响不大。由此可见,在实际生产中要提高克氏原螯虾的存活率,必须提高养殖水体中的溶氧量,如尽量选择一段晴天天气投苗,以确保水体中的溶氧量较高,避免投苗后连阴雨天气的影响,也可在克氏原螯虾投苗前对养殖水体清淤或换水,以降低底泥呼吸和水呼吸对溶氧量的消耗^[19]。

2.2 不同气象条件下克氏原螯虾的生长量

2.2.1 克氏原螯虾的生长量 生长量为投苗日至称质量日克氏原螯虾的生长量,相对生长量为称质量日的生长量与投苗时的体质量之比。8 月 3 日(即克氏原螯虾投苗后 18 d,图 3-a)克氏原螯虾已经完全度过了环境适应期,3 组克氏原螯虾质量均出现了不同程度的增加,即遮阳组的生长量为 3.1~5.2 g/尾,对照组则在 1.6~3.4 g/尾之间,增温组的生长量最低,范围在 0.5~3.2 g/尾之间。遮阳组生长量的 Q1 比其他 2 组的最大值还高,最小值也与其他 2 组的最大值相差不大。再经过 10 d 的生长(即 8 月 13 日,图 3-c),遮阳组生长量的 Q1 值同样比增温组的最高值还高。直到最后一次称质量(9 月 3 日,图 3-g),遮阳组的生长量仍然整体高于其他 2 组,其最高值达到 19.7 g/尾,中位数达到 13.9 g/尾,比其他 2 组的最高值还高;增温组和对对照组除了生长量的最大值以外,其他 5 个值均比遮阳组的 Q1 还要低。4 次称质量均是遮阳组克氏原螯虾生长量比对照组、增温组高,相对生长量同生长量一样,遮阳组整体高于对照组和增温组。

从图 4 可以看出,不同气象条件下克氏原螯虾生长量与相对生长量均呈增加趋势,从 4 次称质量结果可以看出,遮阳组与对照组和增温组均存在显著差异($P < 0.05$),而对照组和增温组则不存在显著差异($P > 0.05$)。

2.2.2 克氏原螯虾生长期的环境分析 由表 2 可知,遮阳组溶氧量均比其他 2 组低。而遮阳组的生长量却是最高,明显高于增温组和对对照组,而增温组和对对照组生长量相差不大。进一步分析发现,遮阳组的水温与增温组相差 3℃左右,与对照组相差近 2℃。同时试验中对生长期期间每 10 d 的生长量也进行了对比分析,其中增温组、遮阳组和对对照组 8 月 4—13 日期间平均水温分别为 32.1、29.2、31.2℃,其生长量依次为 1.67、2.86、2.05 g/尾;8 月 24 日至 9 月 3 日的平均水温分别为 30.1、27.2、28.7℃,其生长量依次为 3.4、5.2、4.0 g/尾,可以看出 8 月 4—13 日期间的水温明显高于 8 月 24 日至 9 月 3 日,而生长量明显低于 8 月 24 日至 9 月 3 日。由此可见,无论是不同处理组间还是不同时段间对比,克氏原螯虾的生长量均与水温存在一定关系,前人研究也表明,水温对克氏原螯虾的生长有着明显的影响^[6],相较 30℃以上的高水温,27~28℃的水温环境更适宜克氏原螯虾生长发育。李

铭等的研究也得到了相似的结论,即 25~28℃条件下克氏原螯虾体长增长较快^[15]。

综上所述,克氏原螯虾虾苗在度过适应期后,此时相较溶氧量,水温对其生长发育影响更大,溶氧量的影响则相对较小。当水温超过 30℃时,克氏原螯虾生长速度明显变慢,说明盛夏高温对克氏原螯虾生长发育有一定的不利影响。因此,在盛夏时期采取适当措施(如遮阴、虾塘适量增加地下水)降低水温,有利于克氏原螯虾生长。

3 结论

影响夏季克氏原螯虾存活率的关键主要因子是溶氧量,溶氧量高,存活率高,溶氧量低,则存活率低。水温对存活率影响不大。溶氧量主要由太阳辐射强度所决定,因此夏季投苗时应尽量选择天气晴好,尤其是投苗后有连续晴好的天气,这对提高虾苗的投苗存活率有很大帮助。此外,由于虾塘中耗氧源主要来自池塘底泥、饵料残渣、虾的排泄物的分解^[23-26]等,投苗前通过换水、清淤^[27]等方式改善水质,也可一定程度降低水呼吸及底泥呼吸等因素的耗氧量,间接提高水中的溶氧量,从而提高克氏原螯虾存活率。

在虾苗的适应期过后,溶氧量对克氏原螯虾的生长影响相对较小,水温对虾类的生长影响明显。相较 30℃以上的水温,27~28℃的水温环境更适合克氏原螯虾生长发育,当水温超过 30℃时,克氏原螯虾生长速度明显降低。前人也有类似的结论,虾类一般在 27~30℃生长最快^[28-29],即盛夏高温不利于克氏原螯虾生长发育。因此,在盛夏可通过种植水草^[30]、加盖遮阳网、适量增加地下水等方式降低水温,为克氏原螯虾提供一个阴凉的适宜生长的生态环境,增加克氏原螯虾摄食活动,加快其生长。

参考文献:

- [1] 堵南山. 甲壳动物学(下册)[M]. 北京:科学出版社,1992: 821-822.
- [2] 余磊. 小龙虾的生物学特性及其主要养殖模式[J]. 湖北农业科学,2018,57(17):75-78.
- [3] 管勤壮. 稻虾共作模式下小龙虾活动对稻田环境影响的研究[D]. 上海:上海海洋大学,2018.
- [4] 徐增洪,周鑫,水燕. 克氏原螯虾的食物选择性及其摄食节律[J]. 大连海洋大学学报,2012,27(2):166-170.
- [5] 肖放,刘忠松,郭云峰,等. 中国小龙虾产业发展报告(2017)[J]. 中国水产,2017(7):8-17.

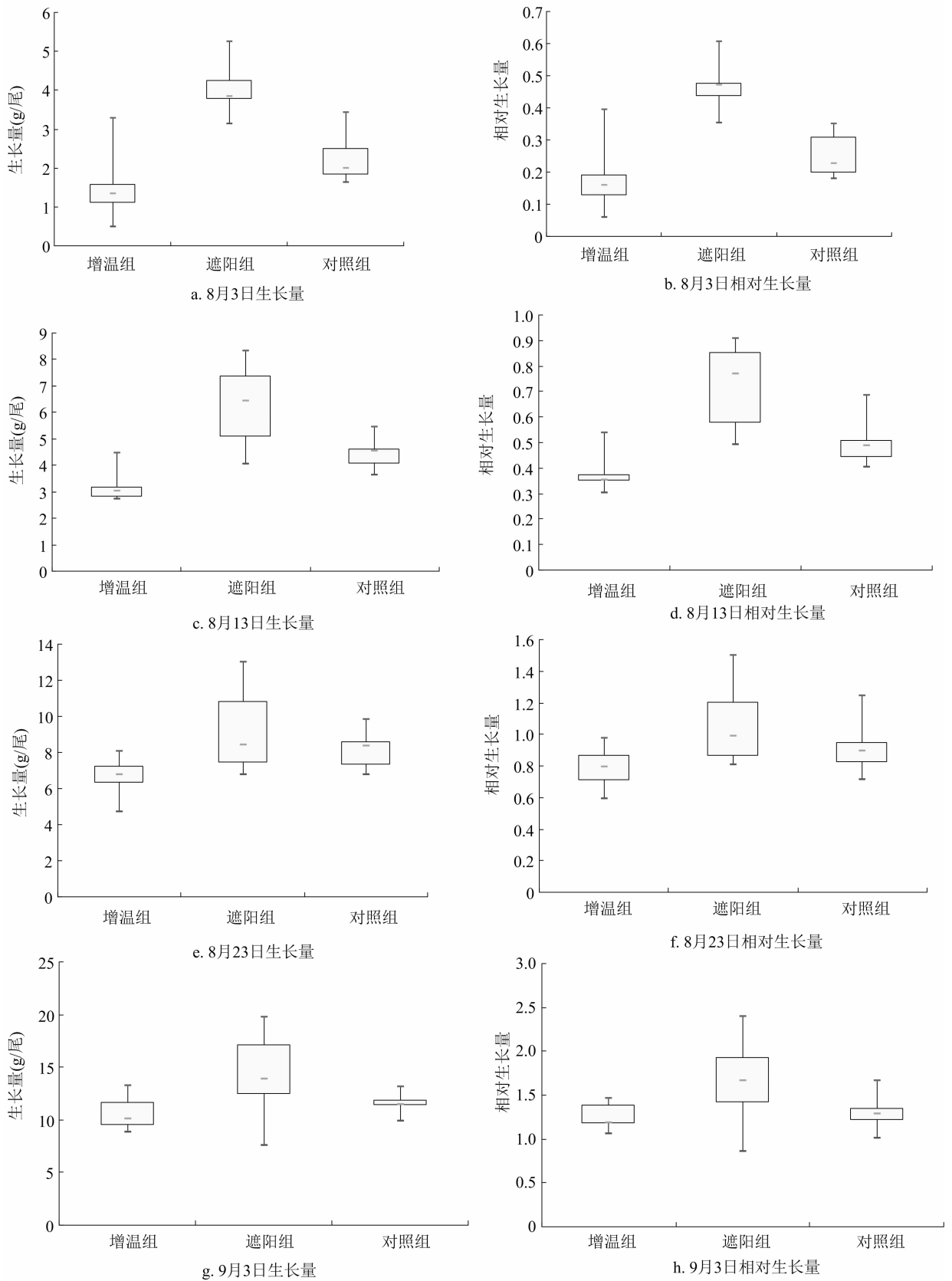


图3 不同气象条件下克氏原螯虾生长量与相对生长量

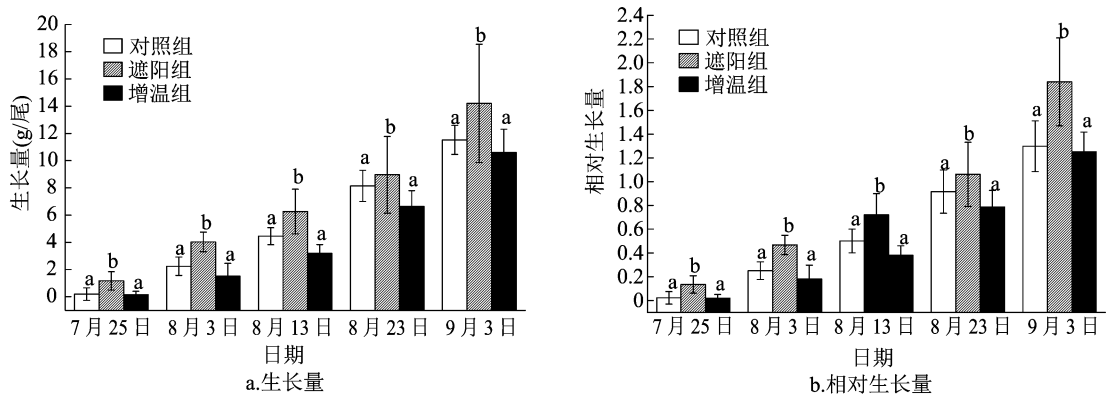


图4 不同气象条件下克氏原螯虾生长量、相对生长量的比较

表2 不同气象条件下克氏原螯虾生长期的平均生长量及其网箱水温和溶氧量比较

组别	平均生长量 (g/尾)	水温 (℃)	溶氧量 (mg/L)
增温组	10.6	30.7	5.5
遮阳组	14.5	27.8	2.9
对照组	11.5	29.5	5.1

[6]张龙岗,钟君伟,朱永安. 温度对克氏原螯虾苗种生长和存活的影响[J]. 河北渔业,2015(1):4-5.

[7]王天神,周鑫,赵朝阳,等. 不同温度条件下克氏原螯虾免疫酶活性变化[J]. 江苏农业科学,2012,40(12):239-241.

[8]徐加元,岳彩锋,戴颖,等. 水温、光周期和饲料对克氏原螯虾雌虾成活和性腺发育的影响[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2008,42(1):97-101.

[9]韩晓磊,李小蕊,程东成,等. 温度对克氏原螯虾交配、抱卵、孵化和幼体生长发育的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(10):2078-2080.

[10]徐琼芳,岳阳,王权民,等. 克氏原螯虾气象因子影响研究现状与展望[J]. 气象与环境科学,2018,41(2):105-110.

[11]姜宏波,包杰,丛岩懿,等. 中华小长臂虾对温度的耐受性及温度对其呼吸代谢的影响[J]. 生态学杂志,2016,35(8):2202-2207.

[12]薛素燕,赵法箴,方建光,等. 温度和盐度对中华原钩虾幼体孵化、存活及生长的影响[J]. 水产学报,2012,36(7):1094-1101.

[13]梁俊平,李健,李吉涛,等. 不同温度对脊尾白虾胚胎发育与幼体变态存活的影响[J]. 生态学报,2013,33(4):1142-1152.

[14]宋光同,丁凤琴,陈静,等. 亲虾规格、隐蔽物、光照度及密度对克氏原螯虾繁殖效果的影响[J]. 水产科学,2012,31(9):549-553.

[15]李铭,董卫军,邢迎春,等. 温度对克氏原螯虾幼虾发育和存活的影响[J]. 水利渔业,2006,26(2):36-37.

[16]邓慧芳. 不同光照和饲料对克氏原螯虾生长、非特异性免疫酶及体成分的影响[D]. 荆州:长江大学,2018.

[17]林小涛,杞桑. 光周期条件对罗氏沼虾幼体存活率及体长生长率的影响[J]. 暨南大学学报(自然科学版),1996,17(1):69-73.

[18]水柏年. 凡纳滨对虾苗对若干环境因子适应性研究[J]. 水产养殖,2005,26(1):8-13.

[19]刘可群,汤阳,黄永平,等. 养殖水体溶氧平衡的实验分析及泛塘成因再探讨[J]. 中国农学通报,2015,31(2):131-137.

[20]段妍,张秀梅,张志新. 溶解氧对凡纳滨对虾生长及消化酶活性的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2013,43(2):8-14.

[21]刘孝华. 克氏原螯虾养殖探讨[J]. 安徽农业科学,2006,34(22):584-588.

[22]孙耀,陈聚法,宋云利. 虾塘水体中溶解氧的补充量与消耗量及其季节变化[J]. 中国水产科学,2000,7(1):107-109.

[23]龚望宝,余德光,王广军,等. 主养草鱼高密度池塘溶氧收支平衡的研究[J]. 水生生物学报,2013,37(2):208-216.

[24]林俊,程香菊,胡金鹏,等. 上覆水类型及流速对养殖池塘底泥耗氧速率的影响[J]. 水生态学杂志,2016,37(2):49-55.

[25]张世羊,李谷,陶玲,等. 不同增氧方式对精养池塘溶氧的影响[J]. 农业工程学报,2013,29(17):169-175.

[26]张敬旺,谢骏,李志斐,等. 家鱼池塘底泥耗氧率与理化因子的相关性分析[J]. 淡水渔业,2012,42(3):3-9.

[27]李顺,石晓平,陈晓辉. 针对不同池塘水质的调控方案[J]. 渔业致富指南,2018(3):28-31.

[28]Ponce-Palafox J, Martinez-Palacios C A, Ross L G. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile of white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931[J]. Aquaculture, 1997,157(1/2):107-115.

[29]Coman G J, Crocos P J, Preston N P, et al. The effects of temperature on the growth, survival and biomass of different families of juvenile *Penaeus japonicus* Bate[J]. Aquaculture, 2002,214(1/2/3/4):185-199.

[30]韩光明,张家宏,王守红,等. 克氏原螯虾生长规律及大规格生态养殖的关键技术和效益分析[J]. 江西农业学报,2015,27(2):91-94.

[31]任信林,凌武海,纪翠萍. 环境因子对克氏原螯虾养殖的影响[J]. 水产科学,2009,28(11):710-712.