

萧山大棚白对虾水温调控效果的研究

茅成铮¹, 刘若岚¹, 袁淑杰¹, 张碧¹, 蔡璐璐^{1,2}

¹成都信息工程大学, 四川 成都

²杭州市萧山区气象局, 浙江 杭州

收稿日期: 2022年10月24日; 录用日期: 2022年11月22日; 发布日期: 2022年11月30日

摘要

本项目任务来源于2021年杭州市萧山区科技计划项目《萧山白对虾主要气象灾害监测预警技术研究》。白对虾是一种广温广盐虾, 虽然其对环境的适应力较强, 但其生物特性复杂且敏感, 对环境要求很高, 气象因素的变化与环境的稳定性密切相关, 气温是其中影响最大的因素。外界气温过高或过低, 使白对虾摄食量下降, 从而使产量急剧下降, 对养殖户造成严重经济损失。露天养殖白对虾常发生高、低温灾害。而大棚具有调温能力, 能为白对虾种植提供适宜小气候环境, 降低遭受气温灾害的频率, 提高产量, 同时大棚养殖能有效延长养殖时间, 增加经济效益。大棚的保温效果及调温能力能有效降低白对虾养殖过程中遭受高、低温灾害的风险, 但灾害频率依然较大, 严重影响大棚白对虾的产量和品质。现阶段, 气象部门通常只发布大气环境气温, 如何根据棚外环境因素确定并预测棚内气温是目前关注的重点。棚外养殖白对虾受气象因素影响较大, 为提高白对虾产量, 大棚养殖是目前最有效的方法, 大棚小气候是影响大棚白对虾产量的关键, 受季节和天气类型的影响, 大棚小气候差异较大, 气温是小气候中对白对虾产量影响最显著的因子。因此, 许多专家和学者对于大棚白对虾小气候研究及高、低温灾害监测及预警进行了大量的探索和研究, 并在国际上取得了一定的研究进展。

关键词

水温调控, 季节类型, 白对虾, 大棚小气候

Study on Water Temperature Regulation Effect of White Shrimp in Xiaoshan Greenhouse

Chengzheng Mao¹, Ruolan Liu¹, Shujie Yuan¹, Bi Zhang¹, Lulu Cai^{1,2}

¹Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

²Hangzhou Xiaoshan District Bureau of Meteorological, Hangzhou Zhejiang

Received: Oct. 24th, 2022; accepted: Nov. 22nd, 2022; published: Nov. 30th, 2022

文章引用: 茅成铮, 刘若岚, 袁淑杰, 张碧, 蔡璐璐. 萧山大棚白对虾水温调控效果的研究[J]. 农业科学, 2022, 12(11): 1172-1182. DOI: 10.12677/hjas.2022.1211162

Abstract

The task of this project comes from the 2021 “Xiaoshan District Science and Technology Plan Project” Research on Monitoring and Early warning Technology of Xiaoshan White Shrimp in Hangzhou. White prawn is a kind of broad, warm and broad-salt shrimp. Although it has strong adaptability to the environment, its biological characteristics are complex and sensitive, with high environmental requirements. The changes of meteorological factors are closely related to the stability of the environment, and the temperature is the most influential factor. The outside temperature is too high or too low, so that the amount of white shrimp decreased, so that the production drops sharply, causing serious economic losses to farmers. Open-air farming of white shrimp often occurs in high and low temperature disasters. The greenhouse has the temperature regulation capacity, which can provide a suitable microclimate environment for white prawn cultivation, reduce the frequency of temperature disasters, and improve the output. At the same time, the greenhouse breeding can effectively extend the breeding time and increase the economic benefits. The insulation effect and temperature regulation ability of greenhouses can effectively reduce the risk of high and low temperature disasters in the breeding process of white prawns, but the frequency of disasters is still large, which seriously affects the output and quality of white prawns in greenhouses. At present, the meteorological department usually only release the atmospheric environment temperature, and how to determine and predict the temperature in the shed according to the environmental factors outside the shed is the focus of attention at present. Outside shed breeding white shrimp is affected by meteorological factors, in order to improve the white shrimp production of white shrimp, greenhouse farming is the most effective method, greenhouse microclimate is the key to affect the greenhouse white shrimp production, affected by the season and weather type, greenhouse microclimate difference is larger, the temperature is the microclimate of the most significant white shrimp production factor. Therefore, many experts and scholars have carried out a lot of exploration and research on the greenhouse white prawn microclimate research and the monitoring and early warning of high and low temperature disasters, and have made some research progress in the international community.

Keywords

Water Temperature Regulation, Season Type, White Shrimp, Greenhouse Microclimate

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

棚外养殖白对虾受气象因素影响较大,为提高白对虾产量,大棚养殖是目前最有效的方法,大棚小气候是影响大棚白对虾产量的关键,受季节和天气类型的影响,大棚小气候差异较大,气温是小气候中对白对虾产量影响最显著的因子。因此,许多专家和学者对于大棚白对虾小气候研究及高、低温灾害监测及预警进行了大量的探索和研究,并在国际上取得了一定的研究进展。关于大棚调控效果,前人进行了许多研究。王阳临等利用1984年1~12月逐日气温资料,采用平行对比观测法,发现甘肃林区杉木大棚一月棚内月平均气温比棚外高14.1℃ [1]。吉中礼等在陕西省蔬菜试验站对照观测1995年4月21日逐时气温,发现6:00大棚内外温差为0.7℃~3.0℃ [2]。郇庆炉等利用1999年9月~2000年9月逐日逐时气温,表明河南省新乡市大棚蔬菜大棚增温效果冬季平均为11.5℃ [3]。刘可群等2006年12月~2007年3

月对比观测武汉大棚蔬菜棚内外逐时气温,发现晴天棚内最高气温比棚外高 20°C 左右[4]。符国槐等就浙江省慈溪市2007年12月~2008年4月逐日逐时气温,表明大棚草莓2月室内外平均气温相差最高达到 12°C [5]。王倩等分析河南省荥阳市2012年1月逐日逐时气温,发现大棚内1月平均室内外最低温差为 12.34°C 。顾忠良等对比2015年5月~6月上海小昆山镇塑料大棚内与国家气象观测站逐日逐时气温,发现白天棚内气温高于棚外 1.2°C ~ 4.9°C [6]。王雄等就江苏省2015年2~11月逐日气温资料分析大棚蔬菜小气候,表明大棚晴天增温 3.5°C 。严娟等利用2016年1~5月棚内外逐时气温分析福建省大棚蔬菜小气候,表明3月棚内平均气温比棚外高 2.9°C 。董晓星等利用2018年8月~2019年8月逐日气温分析河南驻马店大棚番茄,表明1月棚内平均气温较棚外高 8.5°C [7]。孟丽霞等利用2019年8月~2019年10月逐日逐时气温分析山西太原大棚蔬菜小气候,发现晴天增温范围为 -2.4°C ~ 1.3°C 。

而大棚白对虾生长发育主要受水下温度影响,想要确定出大棚白对虾高、低温灾害棚外气温指标,首先要根据大棚内小气候观测资料确定白对虾水下高、低温灾害指标。陈昌生等就白对虾生长与温度的关系作出研究,表明白对虾存活、生长和摄食最适水温为 18°C ~ 35°C , 38°C 时停止摄食[8]。宋宗岩等就白对虾体型增长与温度的关系表明 25°C ~ 30°C ,其生长速度较快[9]。这些研究都表明了大棚白对虾的生长发育与水下温度有着密切关联。

然而目前关于大棚气温调控效果的研究多与地域、季节、天气类型、作物种类、养殖品类有关,现阶段国内研究主要集中在以下几个方面:研究区域多为华中、华东、西北、华北和东北地区;季节多为冬夏季;作物多为蔬菜、水果、林木。而对于水产类大棚小气候的研究目前国内外都比较缺少,反而大多以农作物为主。水产类大棚小气候要素预报大多以当地气象区域站预报数据提供,而气象站预报数据与当地大棚内气象要素真实数据存在很大的误差不能为当地农户提供准确的天健操作指导,可能引起相应的经济损失。本文以萧山大棚白对虾为主要研究对象,通过分析在四季不同天气条件下大棚白对虾对水温的具体调控,建立春、夏、秋季晴天、少云、多云、阴天四种天气类型下,共12个大棚内外温差数据集,分别统计大棚白对虾水温调控效果频率 $\geq 90\%$ 的温差分布区间。获得大棚白对虾对水温调控效果的相关数据,以此对大棚小气候类型研究中水产类产品研究较少现状进行补充。

2. 不同季节不同天气类型大棚白对虾对水温的调控效果

2.1. 春季不同天气类型大棚白对虾水温调控效果

2.1.1. 春季不同天气类型下 Δt 随棚外气温变化特征

大棚水温调控效果受棚外气温影响,图1为春季不同天气类型下, Δt 随棚外气温变化图(图1(a)~(d))。可知,晴天:棚外气温 4.0°C ~ 36.0°C ,温差为 -4.0°C ~ 19.0°C 。棚外气温 10.0°C ~ 15.0°C 升温最大,为 18.3°C ; 35.0°C ~ 40.0°C 降温最大,为 3.2°C 。少云:棚外气温 5.0°C ~ 35.0°C ,温差 -3.0°C ~ 14.9°C 。棚外气温 10.1°C ~ 15.0°C 升温最大,为 14°C ; 30.1°C ~ 35.0°C 降温最大,为 3.0°C 。多云:棚外气温 5.0°C ~ 35.0°C ,温差 -3.0°C ~ 17.9°C 。棚外气温 5.1°C ~ 10.0°C 升温最大,为 17.0°C ; 30.1°C ~ 35.0°C 降温最大,为 3.0°C 。阴天:棚外气温 5°C ~ 35.0°C ,温差 0°C ~ 18.0°C 。棚外气温 5.1°C ~ 10.0°C 升温最大,为 6.0°C 。

2.1.2. 春季不同天气类型下大棚水温调控效果频率分布

为了进一步量化研究大棚白对虾对水温的调控效果,分别统计大棚外气温每隔 3°C , Δt 每隔 3°C 的水温调控效果频率(表1)。

表1为春季晴天大棚水温调控效果频率分布(表1),可以看出:春季晴天条件下,棚外气温92.9%集中在 7.0°C ~ 30.9°C 。 7.0°C ~ 30.9°C 区间,每隔 3°C 棚外气温出现频率分别为:8.1%、12.2%、16.7%、14.5%、19.3%、14.7%、7.4%,各区间出现频率相对均匀,为8%~20%,在 $19.0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 21.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率,为

19.3%。 Δt 在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 20.9^{\circ}\text{C}$ ，94.2%集中在 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 。0.0 $^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 区间内，每隔 3°C 水温调控效果频率分别为：9.0%、17.4%、27.3%、26.2%、14.3%，在 $6.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率，为27.3%。

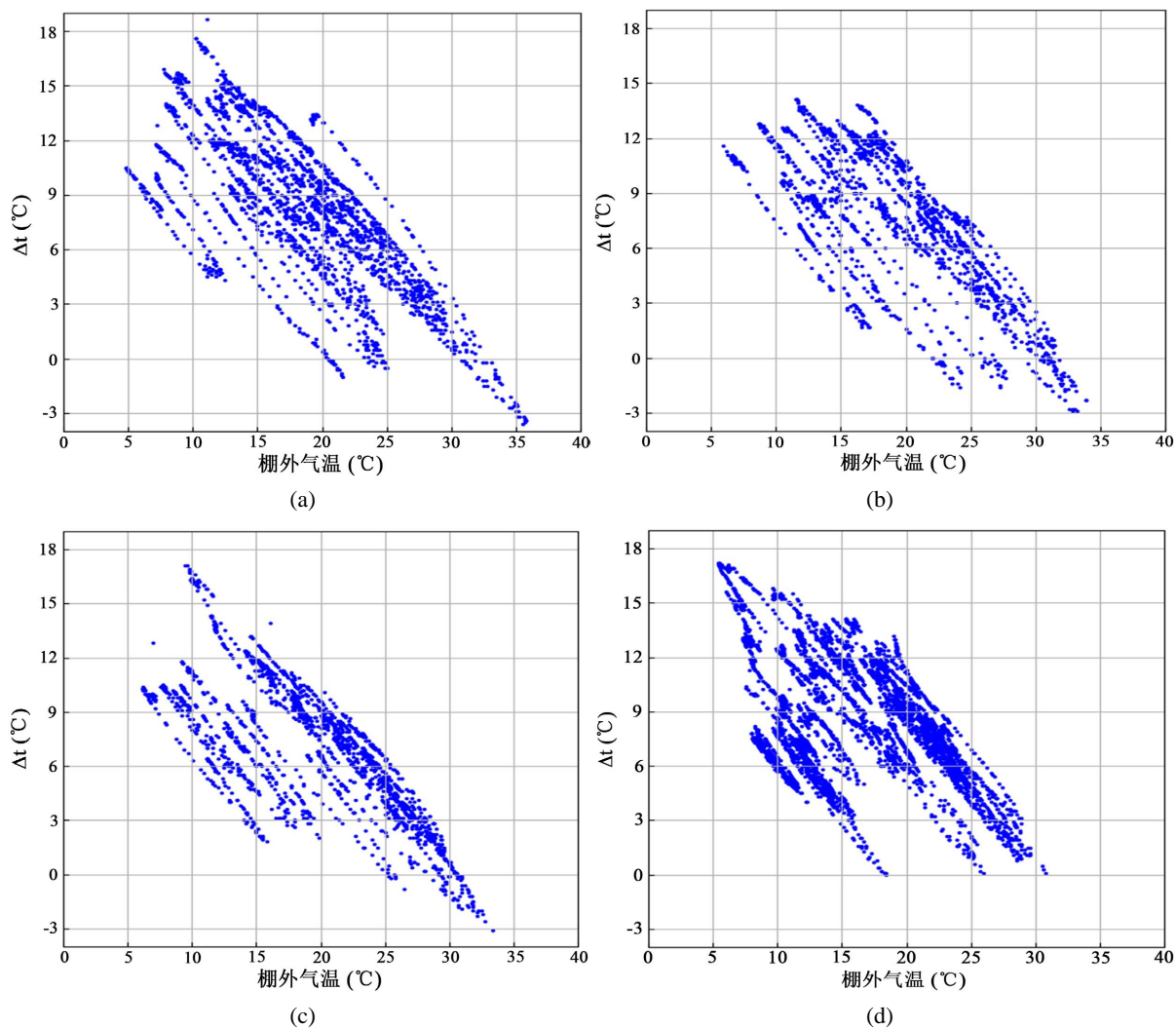


Figure 1. (a) Temperature difference in sunny spring weather Δt changes with the temperature outside the shed; (b) Temperature difference in Spring little cloud weather Δt changes with the temperature outside the shed; (c) Temperature difference in Spring cloudy weather Δt changes with the temperature outside the shed; (d) Temperature difference in Spring overcast sky weather Δt changes with the temperature outside the shed

图 1. (a). 春季晴天天气温差 Δt 随棚外气温变化图；(a) 春季晴天天气温差 Δt 随棚外气温变化图；(b) 春季少云天气温差 Δt 随棚外气温变化图；(c) 春季多云天气温差 Δt 随棚外气温变化图；(d) 春季阴天天气温差 Δt 随棚外气温变化图

Table 1. Frequency distribution of greenhouse water temperature control effect in sunny days in spring

表 1. 春季晴天大棚水温调控效果频率分布

Δt	$-3.0\sim-0.1$	$0.0\sim 2.9$	$3.0\sim 5.9$	$6.0\sim 8.9$	$9.0\sim 11.9$	$12.0\sim 14.9$	$15.0\sim 17.9$	$18.0\sim 20.9$	合计 Total
4.0 \sim -6.9 (1.4%)				0.3	1.1				1.4
7.0 \sim -9.9 (8.1%)			0.1	1.3	2.5	2.4	1.8		8.1
10.0 \sim 12.9 (12.2%)			1.5	1.0	4.1	4.0	1.5	0.1	12.2

Continued

13.0~15.9 (16.7%)			0.5	3.3	7.3	5.6			16.7
16.0~18.9 (14.5%)		0.7	1.1	5.7	5.6	1.4			14.5
19.0~21.9 (19.3%)	0.6	1.2	3.4	8.1	5.1	0.9			19.3
22.0~24.9 (14.7%)	0.5	2.9	4.0	6.8	0.5				14.7
25.0~27.9 (7.4%)		1.0	5.6	0.8					7.4
28.0~30.9 (4.0%)	0.1	2.7	1.2						4.0
31.0~33.9 (1.7%)	1.2	0.5							1.7
合计 Total	2.4	9.0	17.4	27.3	26.2	14.3	3.3	0.1	100.0

注: t : 棚外气温 Δt : 水温和棚外气温之差; 温度单位: $^{\circ}\text{C}$; 频率单位: %; 红色标记: 最大水温调控效果频率; 空值: 水温调控效果频率为 0%。

由春季少云大棚水温调控效果频率分布,可知:春季少云条件下,棚外气温 92.0%集中在 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$ 。 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$ 区间,每隔 3°C 棚外气温出现频率分别为: 5.1%、15.8%、17.7%、17.0%、14.8%、13.1%、8.5%, $14.0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 16.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率,为 17.7%。 Δt 在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 范围内,94.9%集中在 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 。 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 区间内,每隔 3°C 水温调控效果频率分别为: 10.7%、15.7%、32.8%、23.8%、11.9%,在 $6.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 有最大概率 32.8%。

由春季多云大棚水温调控效果频率分布,可知:春季多云条件下,棚外气温 92.8%集中在 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 29.9^{\circ}\text{C}$ 。棚外气温 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 29.9^{\circ}\text{C}$,每隔 3°C 棚外气温出现频率分别为: 11.9%、12.0%、13.2%、15.5%、17.3%、14.2%、8.7%,分布较均匀,介于 11%~18%,在 $21.0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 23.9^{\circ}\text{C}$ 出现最大频率,17.3%。 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 17.9^{\circ}\text{C}$,90.8%介于 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$ 。 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$ 区间,每隔 3°C 水温调控效果频率分别为: 11.1%、24.3%、32.1%、23.3%,在 $6.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率,32.1%。

从春季阴天大棚水温调控效果频率分布,可知:在春季阴天条件下,棚外气温 92%介于 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 25.9^{\circ}\text{C}$ 。 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 25.9^{\circ}\text{C}$ 区间,每隔 3°C 棚外气温出现频率分别为: 17.0%、20.6%、12.5%、15.7%、16.4%、9.8%,在 $11.0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 13.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率,20.6%。 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 17.9^{\circ}\text{C}$,93.6%介于 $3.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 。 $3.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 区间每隔 3°C 水温调控效果频率分别为: 18.0%、41.3%、24.0%、10.3%,在 $6.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 出现最大概率,为 41.3%,其余区间介于 10%~24%,分布相对均匀。

综上所述,春季晴天:棚外气温 $7.0^{\circ}\text{C}\sim 30.9^{\circ}\text{C}$, Δt 为 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 时,大棚水温调控效果频率为 92.3%,即 92.3%的情况在棚外气温 $7.0^{\circ}\text{C}\sim 30.9^{\circ}\text{C}$,温差 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 。棚外气温 $10.0^{\circ}\text{C}\sim 15.0^{\circ}\text{C}$ 升温最大,为 18.3°C ; $35.0^{\circ}\text{C}\sim 40.0^{\circ}\text{C}$ 降温最大,为 3.2°C 。升温效果 $0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$,占 94.2%。少云:棚外气温 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$, Δt 为 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 时,大棚水温调控效果频率为 89.3%。棚外气温 $10.1^{\circ}\text{C}\sim 15.0^{\circ}\text{C}$ 升温最大,为 14°C ; $30.1^{\circ}\text{C}\sim 35.0^{\circ}\text{C}$ 降温最大,为 3.0°C 。升温效果 $0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$,占 94.9%。多云:棚外气温 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 29.9^{\circ}\text{C}$, Δt 为 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$ 时,大棚水温调控效果频率为 86.4%。棚外气温 $5.1^{\circ}\text{C}\sim 10.0^{\circ}\text{C}$ 升温最大,为 17.0°C ; $30.1^{\circ}\text{C}\sim 35.0^{\circ}\text{C}$ 降温最大,为 3.0°C 。升温效果 $0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$,占 90.8%。阴天:棚外气温 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 25.9^{\circ}\text{C}$, Δt 为 $3.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 时,大棚水温调控效果频率为 89.2%。棚外气温 $5.1^{\circ}\text{C}\sim 10.0^{\circ}\text{C}$ 升温最大,为 6.0°C ; $15.1^{\circ}\text{C}\sim 20.0^{\circ}\text{C}$ 降温最大,为 0°C 。升温效果 $3.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 时,占 93.6%。

2.2. 夏季不同天气类型大棚水温调控效果

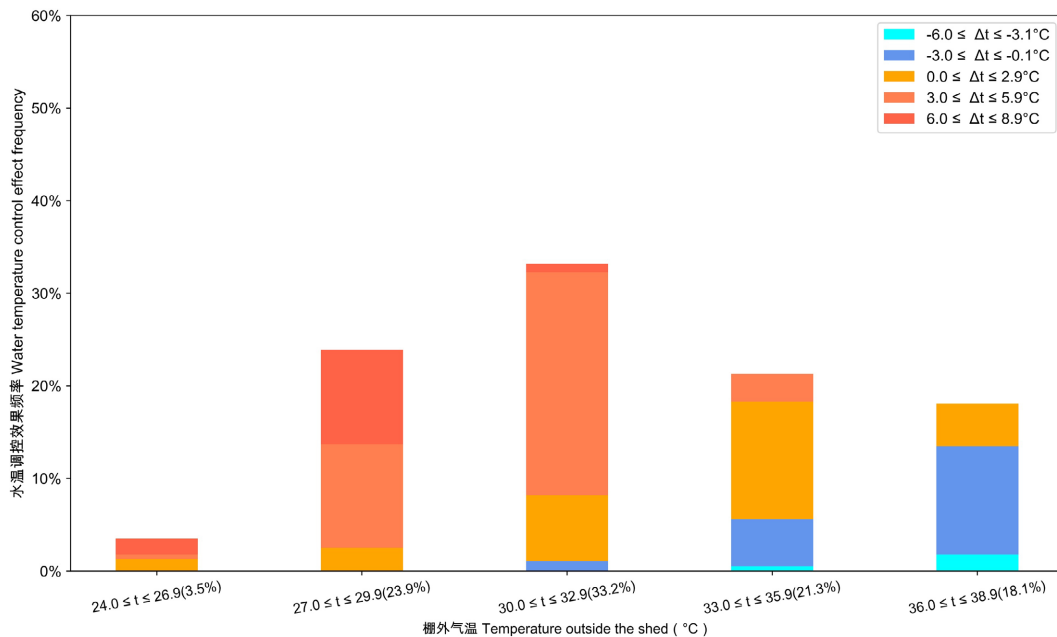
2.2.1. 夏季不同天气类型下温差随棚外气温变化特征

由夏季温差 Δt 随棚外气温变化可知,晴天:棚外气温 $24.0^{\circ}\text{C}\sim 40.0^{\circ}\text{C}$, Δt 为 $-5.0^{\circ}\text{C}\sim 8.0^{\circ}\text{C}$ 。棚外气温

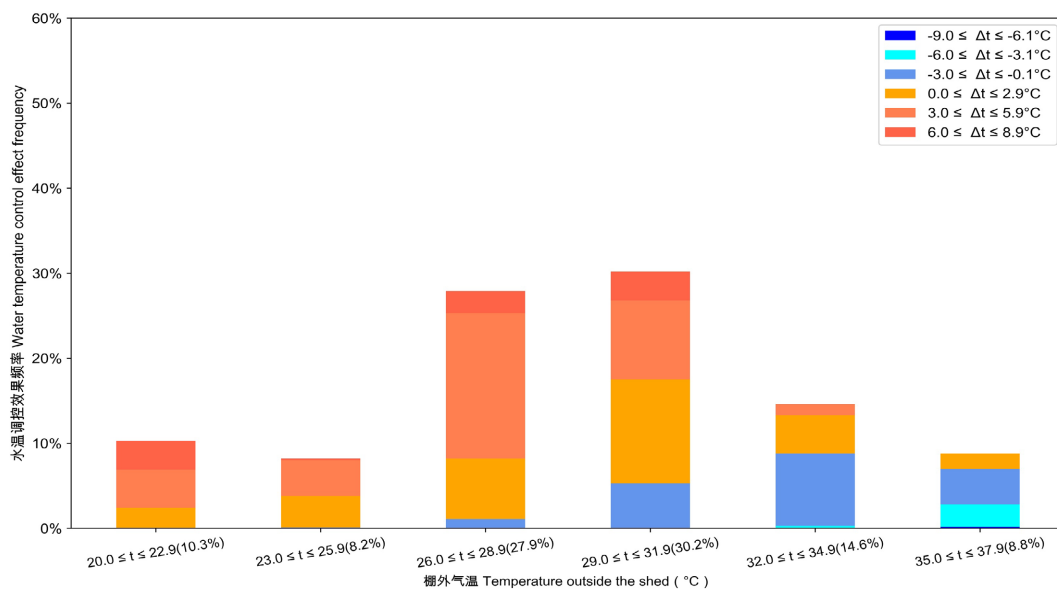
27.1℃~30.0℃升温最大, 为 8.0℃; 36.1℃~39.0℃降温最大, 为 5.0℃。少云: 棚外气温 20.1℃~40.0℃, Δt 为-8.0℃~8.0℃。棚外气温 27.1℃~30.0℃升温最大, 为 8.0℃; 36.1℃~40.0℃降温最大, 为 8.0℃。多云: 棚外气温 18.1℃~39.0℃, Δt 为-6.0℃~13.0℃。棚外气温 21.1℃~24.0℃升温最大, 为 13.0℃; 36.1℃~39.0℃降温最大, 为 6.0℃。阴天: 棚外气温 19.1℃~38.0℃, Δt 为-4.0℃~12.0℃。棚外气温 21.1℃~24.0℃升温最大, 为 12.0℃; 33.1℃~38.0℃降温最大, 为 4.0℃。

2.2.2. 夏季不同天气类型下大棚水温调控效果频率分布

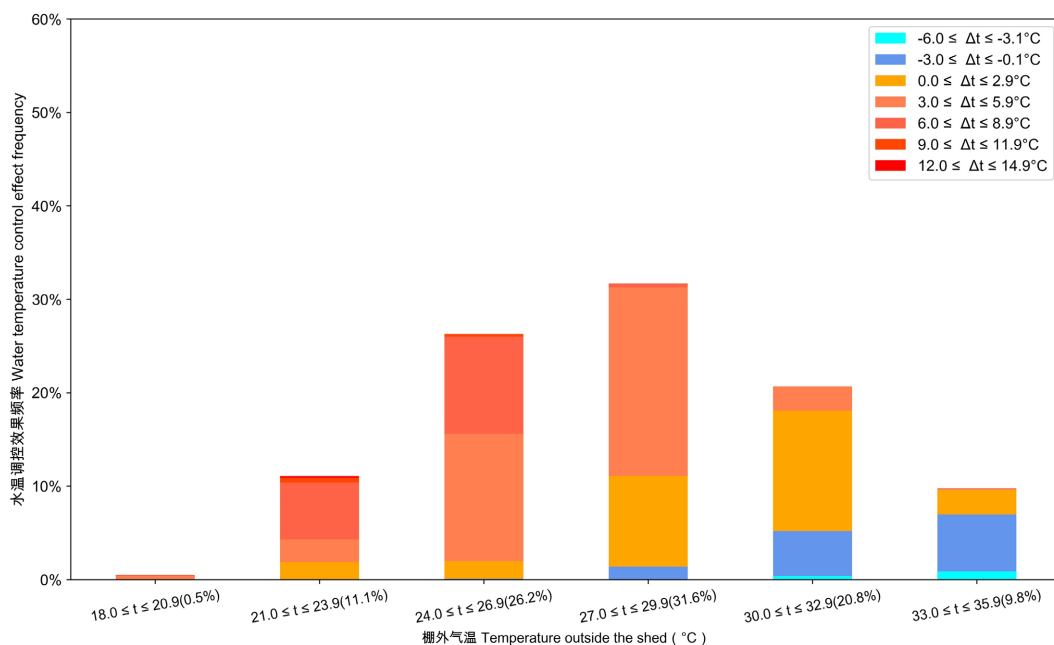
为进一步明确大棚白对虾水温调控效果, 统计棚外气温每隔 3℃, 温差 Δt 每隔 3℃的大棚白对虾水温调控效果频率 F_i , 图 2 为夏季大棚气调控效果频率分布(图 2(a)~(d))。



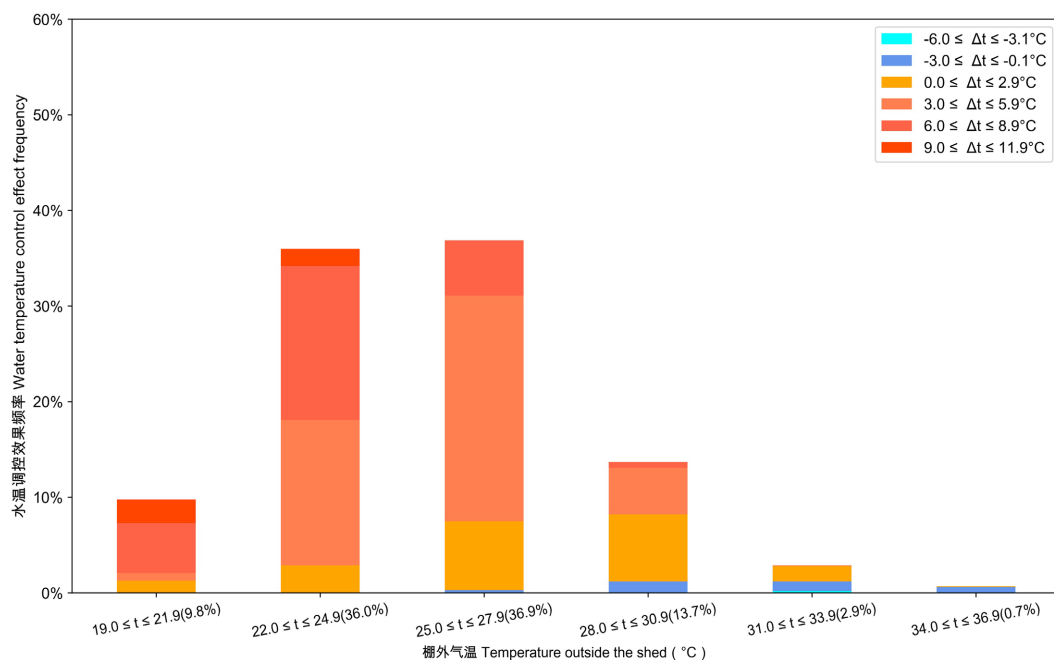
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 2. (a) Frequency distribution of greenhouse water temperature control effect in sunny days in summer; (b) Frequency distribution of greenhouse water temperature control effect in little cloud days in summer; (c) Frequency distribution of greenhouse water temperature control effect in overcast sky days in summer; (d) Frequency distribution of greenhouse water temperature control effect in cloudy days in summer

图 2. (a) 夏季晴天大棚水温调控效果频率分布; (b) 夏季少云大棚水温调控效果频率分布; (c) 夏季多云大棚水温调控效果频率分布; (d) 夏季阴天大棚水温调控效果频率分布

由图 2 可知: 晴天: 棚外气温 24.0°C~38.9°C, 96.5% 介于 27.0°C~38.9°C。27.0°C~38.9°C 区间, 每隔 3°C 棚外气温出现频率为: 23.9%、33.2%、21.3%、18.1%, 在 30.0°C ≤ t ≤ 32.9°C 有最大频率, 33.2%。

温差 Δt 为 $-6.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 97.7%介于 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 。 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 水温调控效果频率分别为: 17.9%、28.2%、38.8%、12.8%, 在 $3.0^{\circ}\text{C}\sim 5.9^{\circ}\text{C}$ 出现最大频率, 38.8%。

少云: 棚外气温 $20.0^{\circ}\text{C}\sim 37.9^{\circ}\text{C}$, 全部集中在 $20.0^{\circ}\text{C}\sim 37.9^{\circ}\text{C}$ 。 $20.0^{\circ}\text{C}\sim 37.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 棚外气温出现频率为: 10.3%、8.2%、27.9%、30.2%、14.6%、8.8%。在 $29.0^{\circ}\text{C}\leq t\leq 31.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 30.2%。温差 Δt 为 $-9.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 96.9%介于 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 。 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 水温调控效果频率为: 19.2%、31.7%、36.4%、9.6%, 在 $3.0^{\circ}\text{C}\sim 5.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 36.4%。

多云: 棚外气温 $18.0^{\circ}\text{C}\sim 35.9^{\circ}\text{C}$, 99.5%集中在 $21.0^{\circ}\text{C}\sim 35.9^{\circ}\text{C}$ 。 $21.0^{\circ}\text{C}\sim 35.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 棚外气温出现频率为: 11.1%、26.2%、31.6%、20.8%、9.8%。在 $27.0^{\circ}\text{C}\leq t\leq 29.9^{\circ}\text{C}$ 出现最大频率, 31.6%。温差 Δt 为 $-6.0^{\circ}\text{C}\sim 14.9^{\circ}\text{C}$, 97.8%介于 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 。 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 水温调控效果频率为: 12.4%、29%、39.3%、17.1%, 在 $3.0^{\circ}\text{C}\sim 5.9^{\circ}\text{C}$ 出现最大频率, 39.3%。

阴天: 棚外气温 $19.0^{\circ}\text{C}\sim 36.9^{\circ}\text{C}$, 96.4%介于 $19.0^{\circ}\text{C}\sim 30.9^{\circ}\text{C}$ 。 $19.0^{\circ}\text{C}\sim 30.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 棚外气温出现频率为: 9.8%、36.0%、36.9%、13.7%, $25.0^{\circ}\text{C}\leq t\leq 27.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 36.9%。温差 Δt 为 $-6.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$, 92.4%介于 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 。在 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 水温调控效果频率分别为: 20.1%、44.6%、27.7%, 在 $3.0^{\circ}\text{C}\sim 5.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 为44.6%。

综上所述, 夏季晴天: 棚外气温 $27.0^{\circ}\text{C}\sim 38.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 时, 大棚水温调控效果频率为94.2%, 即夏季晴天条件下, 有94.2%的部分在棚外气温 $27.0^{\circ}\text{C}\sim 38.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 。降温效果主要在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim -0.1^{\circ}\text{C}$, 占17.9%, 升温效果 $0\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 占79.8%。少云: 棚外气温 $20.0^{\circ}\text{C}\sim 37.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 时, 大棚水温调控效果频率为94.0%。降温效果集中在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim -0.1^{\circ}\text{C}$, 占19.2%, 升温效果 $0\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 时, 占77.7%。多云: 棚外气温 $21.0^{\circ}\text{C}\sim 35.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 时, 大棚水温调控效果频率为94.6%。降温效果集中在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim -0.1^{\circ}\text{C}$, 占12.4%, 升温效果 $0\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 占85.4%。阴天: 棚外气温 $19.0^{\circ}\text{C}\sim 30.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 时, 大棚水温调控效果频率91.9%。升温效果 $0\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 占92.4%。

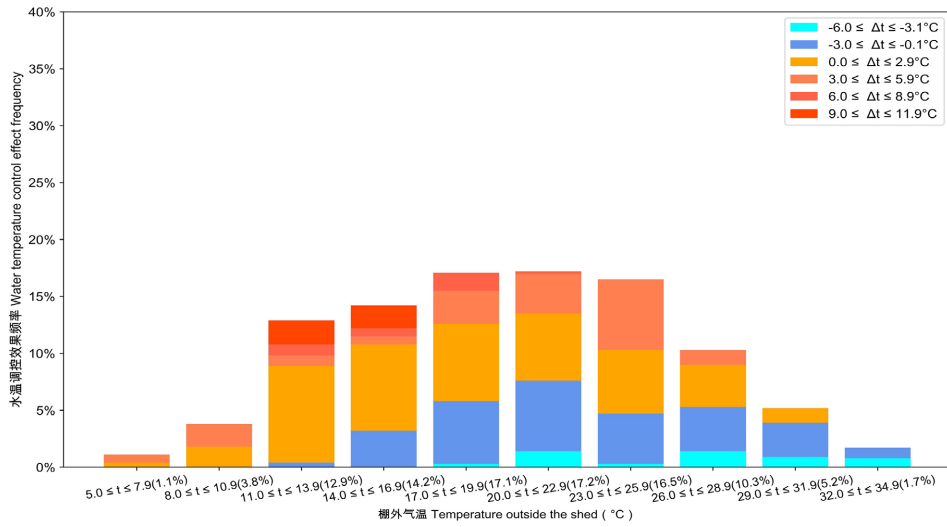
2.3. 秋季不同天气类型大棚白对虾水温调控效果

2.3.1. 秋季不同天气类型下温差 Δt 随棚外气温变化特征

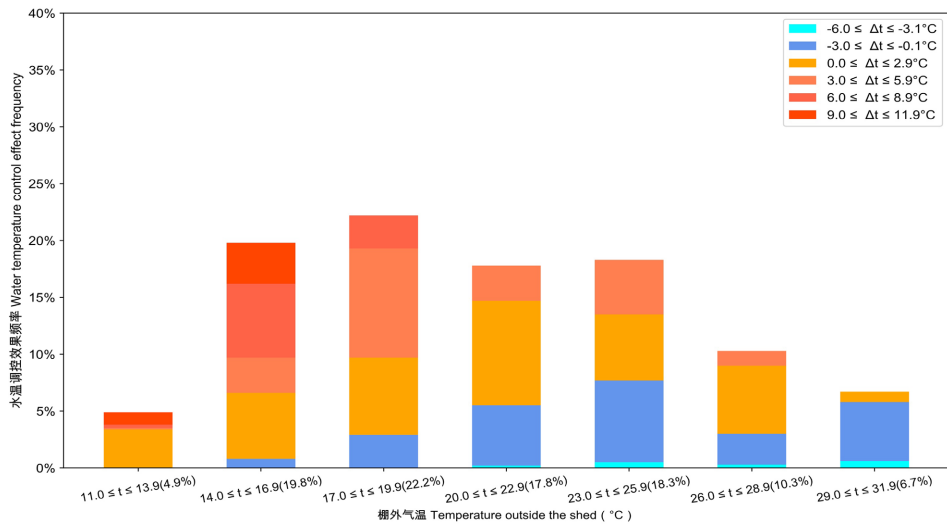
气温对大棚水温调控效果影响很大, 由秋季不同天气类型温差 Δt 分布可知: 晴天: 棚外气温 $6.0^{\circ}\text{C}\sim 36.0^{\circ}\text{C}$, 温差 $-6.0^{\circ}\text{C}\sim 13.0^{\circ}\text{C}$ 。棚外气温 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 15.0^{\circ}\text{C}$ 升温最大, 为 13.0°C ; $27.0^{\circ}\text{C}\sim 36.0^{\circ}\text{C}$ 降温最大, 为 6.0°C 。少云: 棚外气温 $12.0^{\circ}\text{C}\sim 34.0^{\circ}\text{C}$, 温差 $-5.0^{\circ}\text{C}\sim 12.0^{\circ}\text{C}$ 。棚外气温 $12.0^{\circ}\text{C}\sim 15.0^{\circ}\text{C}$ 升温最大, 为 12.0°C ; $30.0^{\circ}\text{C}\sim 35.0^{\circ}\text{C}$ 降温最大, 为 5.0°C 。多云: 棚外气温 $7.0^{\circ}\text{C}\sim 35.0^{\circ}\text{C}$, 温差 $-5.0^{\circ}\text{C}\sim 12.0^{\circ}\text{C}$ 。棚外气温 $12.0^{\circ}\text{C}\sim 15.0^{\circ}\text{C}$ 升温最大, 为 12.0°C ; $27.0^{\circ}\text{C}\sim 33.0^{\circ}\text{C}$ 降温最大, 为 5.0°C 。阴天: 棚外气温 $6.0^{\circ}\text{C}\sim 31.0^{\circ}\text{C}$, 温差 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 9.0^{\circ}\text{C}$ 。棚外气温 $15.0^{\circ}\text{C}\sim 18.0^{\circ}\text{C}$ 升温最大, 为 9.0°C ; $21.0^{\circ}\text{C}\sim 27.0^{\circ}\text{C}$ 降温最大, 为 3.0°C 。

2.3.2. 秋季不同天气类型下大棚水温调控效果频率分布

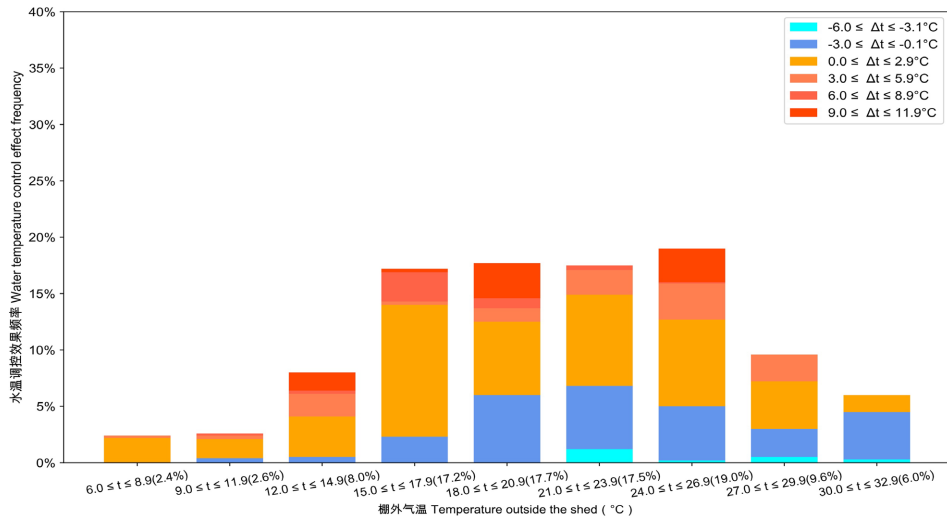
图3为秋季大棚水温调控效果频率分布(图3(a)~(d)), 由图3可知: 晴天: 棚外气温 $5.0^{\circ}\text{C}\sim 34.9^{\circ}\text{C}$, 92.0%集中在 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$ 。 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 大棚外气温频率为: 3.8%、12.9%、14.2%、17.1%、17.2%、16.5%、10.3%, 在 $20.0^{\circ}\text{C}\leq t\leq 22.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 17.2%。温差 Δt 为 $-6.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$, 90.8%介于 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 。 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 水温调控效果频率为: 27.5%、41.6%、18.2%、3.5%, 在 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 2.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 41.6%。少云: 棚外气温 $11.0^{\circ}\text{C}\sim 31.9^{\circ}\text{C}$, 93.3%集中在 $11.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$ 。 $11.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 棚外气温出现频率分别为: 4.9%、19.8%、22.2%、17.8%、18.3%、10.3%, 在 $17^{\circ}\text{C}\leq t\leq 19.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 22.2%。温差 Δt 为 $-6.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$, 93.7%集中在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 水温调控效果频率分别为: 24.1%、37.9%、22.0%、9.7%, 在 $0.0^{\circ}\text{C}\sim 2.9^{\circ}\text{C}$ 出现最大频率, 为37.9%。



(a)



(b)



(c)

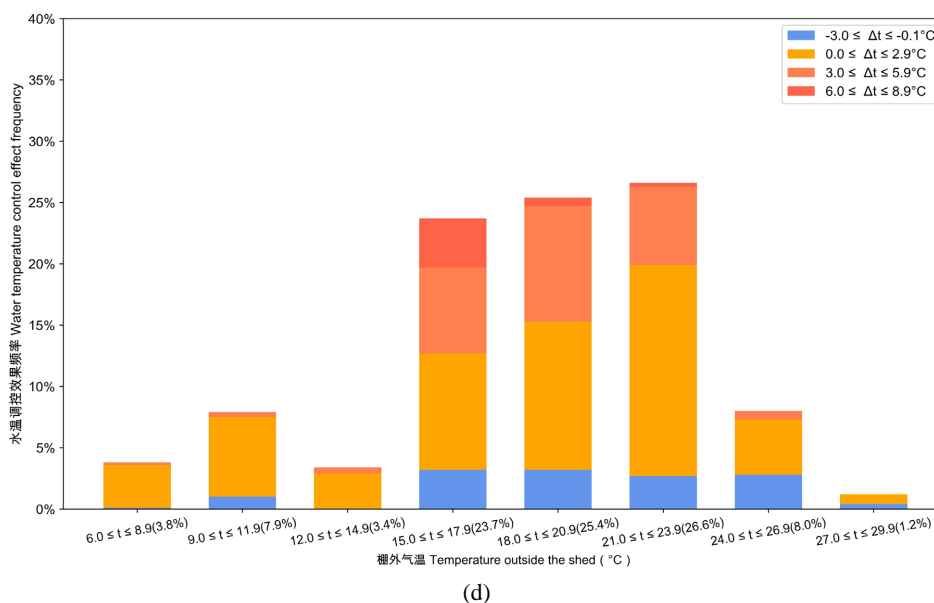


Figure 3. (a) Frequency distribution of greenhouse water temperature regulation effect in sunny days in autumn; (b) Frequency distribution of greenhouse water temperature regulation effect in little cloud days in autumn; (c) Frequency distribution of greenhouse water temperature regulation effect in cloudy day days in autumn; (d) Frequency distribution of greenhouse water temperature regulation effect in overcast sky days in autumn

图 3. (a) 秋季晴天大棚水温调控效果频率分布; (b) 秋季少云大棚水温调控效果频率分布; (c) 秋季多云大棚水温调控效果频率分布; (d) 秋季阴天大棚水温调控效果频率分布

多云: 棚外气温 $6.0^{\circ}\text{C}\sim 32.9^{\circ}\text{C}$, 91.6% 介于 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 29.9^{\circ}\text{C}$ 。 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 29.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 棚外气温出现频率为: 2.6%、8%、17.2%、17.7%、17.5%、19%、9.6%, $24.0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 26.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 19.0%。温差 Δt 为 $-6.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$, 97.8% 集中在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$ 。 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 水温调控效果频率为: 26.3%、47.2%、11.8%、4.5%、8%, $0.0^{\circ}\text{C}\sim -2.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 47.2%。

阴天: 棚外气温 $6.0^{\circ}\text{C}\sim 29.9^{\circ}\text{C}$, 95.0% 集中在 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 26.9^{\circ}\text{C}$ 。在 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 26.9^{\circ}\text{C}$ 区间内, 每隔 3°C 大棚外气温出现频率分别为: 17.9%、3.4%、23.7%、25.4%、26.6%、8.0%, 在 $21.0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 23.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 26.6%。温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 95.0% 集中在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 5.9^{\circ}\text{C}$, 在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 5.9^{\circ}\text{C}$ 区间, 每隔 3°C 水温调控效果频率分别为: 13.4%、57.0%、24.6%, 在 $0.0^{\circ}\text{C}\sim -2.9^{\circ}\text{C}$ 有最大频率, 57.0%。

综上所述, 秋季晴天: 棚外气温 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 大棚水温调控效果频率为 84.5%, 即秋季晴天条件下, 84.5% 的部分在棚外气温 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 。降温效果介于 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim -0.1^{\circ}\text{C}$, 占 27.5%, 升温效果 $0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 占 63.3%。少云: 棚外气温 $11.0^{\circ}\text{C}\sim 28.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$ 时, 大棚水温调控效果频率为 87.6%。降温效果介于 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim -0.1^{\circ}\text{C}$, 占 24.1%, 升温效果 $0^{\circ}\text{C}\sim 8.9^{\circ}\text{C}$, 占 69.6%。多云: 棚外气温 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 29.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$ 时, 大棚水温调控效果频率 89.7%。降温效果集中在 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim -0.1^{\circ}\text{C}$, 占 26.3%, 升温效果 $0^{\circ}\text{C}\sim 11.9^{\circ}\text{C}$ 时, 占 71.5%。阴天: 棚外气温 $9.0^{\circ}\text{C}\sim 26.9^{\circ}\text{C}$, 温差 Δt 为 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim 5.9^{\circ}\text{C}$ 时, 大棚水温调控效果频率 90.0%。降温效果介于 $-3.0^{\circ}\text{C}\sim -0.1^{\circ}\text{C}$, 占 13.4%, 升温效果 $0^{\circ}\text{C}\sim 5.9^{\circ}\text{C}$, 占 81.6%。

3. 项目创新

本项目有以下三个方面的创新性:

1) 理论创新性:

任何一项高新技术都需要较为完善的理论体系支撑。本项目研发的大棚白对虾水温调控效果研究,

集成了气象学理论和天气分析预报理论,并将二者有机地结合起来,形成一个较为完整的大棚白对虾水温调控估预警系统,有较强的理论创新性。

2) 应用创新性:

本项目关键技术研发是现阶段,在农业养殖方便,还没有一套完整的从大棚小气候分析到灾害监测预警的系统。而本项目从水温调控效果入手,分析大棚小气候,从而进一步可以对大棚白对虾灾害监测预警提供一定的理论支撑。因此,从现有技术和数据拓展应用方面来看,本项目有很好的应用创新性,在国内属领先水平。

3) 技术创新性:

随着科学技术的发展进步,地面气象台站也实现了全自动无人值守的观测功能,同时更加精细化的数值天气产品,也可以提供较为准确的网格尺度的地面和大气产品的数据情况和数值,为本项目的系统性精确分析大棚白对虾养殖灾害体系的监测和预警提供了可能。同时也为大棚白对虾灾害监测预警系统的进一步发展提供数据支持和理论支撑。

4. 结论

通过监测春、夏、秋季不同天气类型下大棚白对虾水温调控效果频率,表明夏季大棚对于水温的整体调控效果达到最佳,调控效果频率基本稳定在 90%以上,这意味着夏季养殖大棚白对虾水温能够更好的达到适宜虾类生长的温度。而秋季与春季的大棚水温调控频率也基本在 85%之上,这将使得大棚与外界水温有着不可忽视的差别。同时,根据本实验数据,大棚白对虾水温调控时对于升温效果的调控程度在一定比例上要大于对于降温效果的调控程度,究其原因可能在于虾类水产品的生长温度可能处于一种较高的层次。而除本文实验之外,张月红等就广东湛江气象条件对大棚养殖对虾展开分析,表明对虾生长适宜水温为 20℃~35℃,18℃以下摄食量减少存活率降低[10]。而大棚白对虾水温调控效果频率如此之高使得养殖白对虾的水温在一年四季都基本可以稳定在生长所需温度,使得白对虾摄食量处于稳定状态,避免因摄食量减少而造成的产量降低。同时通过研究大棚白对虾水温调控效果,可为农户更为准确地预测大棚气象要素尽量减少因养殖不当引起的经济损失。

参考文献

- [1] 王阳临,刘述超. 塑料大棚的小气候效应[J]. 甘肃林业科技, 1986(1): 1-6.
- [2] 吉中礼,崔鸿文. 塑料大棚小气候变化规律分析[J]. 西北农业学报, 1986(1): 61-64.
- [3] 郜庆炉,薛香,段爱旺. 日光温室内温度特点机器变化规律研究[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(6): 50-53.
- [4] 刘可群,黎明峰,杨文刚. 大棚小气候特征及其与大气气候的关系[J]. 气象, 2008, 34(7): 101-107.
- [5] 孙军波,符国槐,赵益峰,余建明. 慈溪市冬春季大棚内温湿度变化规律分析[C]//浙江省气象学会. 第六届长三角气象科技论坛论文集. 2009: 645-649.
- [6] 顾忠良,薛正平,李军,赵胜荣,顾春军,王治雄. 塑料大棚气象条件及其对黄瓜生长影响[J]. 上海农业学报, 上海, 上海农业科学院等, 2017, 33(1): 114-119.
- [7] 董晓星,黄松,余路明,李胜利. 大跨度外保温型塑料大棚小气候环境测试[J]. 中国农业气象, 2020, 41(7): 413-422.
- [8] 陈昌生,黄标,叶兆弘,纪德华,等. 南美白对虾摄食、生长及存活与温度的关系[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2001, 6(4): 296-300.
- [9] 宋宗岩,王世党,于诗群,王华东,苏海岩. 南美白对虾体长增长与温度的关系[J]. 齐鲁渔业, 2002(7): 19.
- [10] 张红月,林黛菁,邹治寰. 对虾养殖大棚气象条件的分析[J]. 广东气象, 2016, 38(3): 45-49.