

浅谈大棚对于葡萄开花坐果期的温度调控作用 ——以河北唐山为例

熊 芸, 王柯涵, 袁淑杰, 张 碧

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都
Email: 1005752874@qq.com

收稿日期: 2020年11月27日; 录用日期: 2020年12月8日; 发布日期: 2020年12月15日

摘 要

以河北省唐山市温室大棚为研究对象, 收集2019年河北唐山大棚葡萄开花期, 坐果期(3月29日至4月30日)的棚外相对温度、1.5 m棚内温度、棚内日照指数、棚外2分钟平均风速的资料。通过图表分析以及相关系数分析了当地温室大棚对温度的调控作用, 并研究了影响温度的因子。结果表明: 1) 白天大棚平均增温 8.0°C , 夜间平均增温 2.7°C , 日均增温 5.3°C 。每日增温作用最强的时段多为10:00~13:00, 最强增温作用平均为 13.3°C ; 每日增温作用最弱的时间多为23:00, 最弱增温作用平均为 0.4°C 。大棚对温度的调控效果在0:00~6:00保持稳定, 增温作用大致保持在 2.5°C ~ 2.7°C , 每日的7:00~10:00大棚的增温作用迅速增强, 10:00~13:00为一天中最强, 增温作用平均保持在 9.9°C ~ 11.3°C , 13:00后增温作用持续减弱。2) 白天大棚内外温差与棚外气温数据的相关系数为 -0.04 , 说明白天大棚的内外温差与棚外气温几乎没有相关性, 夜间两者相关系数为 -0.72 , 大棚内外温差与棚外气温在夜间呈强的负相关; 白天大棚内外温差与棚外气温数据的相关系数为 0.11 , 大棚对温度的调控效果与棚外2分钟平均风速在白天呈极弱相关, 夜间两者相关性很小; 大棚对温度的调控效果与棚内日照在白天呈中等程度的正相关, 两者的相关系数为 0.56 。

关键词

河北唐山, 开花坐果期, 气象调控因素, 温度

A Discussion on the Effect of Greenhouses on the Temperature Regulation of Flowering and Fruiting Period in Tangshan, Hebei Province

Yun Xiong, Kehan Wang, Shujie Yuan, Bi Zhang

School of Atmospheric Science, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

文章引用: 熊芸, 王柯涵, 袁淑杰, 张碧. 浅谈大棚对于葡萄开花坐果期的温度调控作用——以河北唐山为例[J]. 农业科学, 2020, 10(12): 1025-1035. DOI: 10.12677/hjas.2020.1012155

Abstract

In this paper, the temperature difference between inside and outside greenhouse is calculated based on the data of punctual temperature outside the greenhouse, the temperature inside the 1.5 m greenhouse, the sunshine index inside the greenhouse and the average wind speed outside the greenhouse, which are observed by the meteorological observation station and the microclimate station of Tanghai experimental base of Agricultural Research Institute of Caofeidian from March 29 to April 30, 2019. The temperature difference between inside and outside of the greenhouse are used to reflect the regulation effect of the greenhouse on the meteorological elements. By using the chart correlation analysis method, correlation coefficient and one-way regression analysis, the regulation effect of the local greenhouse on the temperature and humidity is analyzed, and the influencing factors are studied. The results show that: 1) During the day, the average temperature of the greenhouse increased by 8.0°C, at night by 2.7°C, and daily by 5.3°C. The maximum time of daily warming effect is 10:00~13:00, and the average of the maximum warming effect is 13.3°C; the maximum time of daily warming effect is 23:00, and the average of the weakest warming effect is 0.4°C. The control effect of the greenhouse on the temperature was stable at 0:00~6:00 every day, and the warming effect was kept at 2.5°C~2.7°C on average. The warming effect of the greenhouse was strengthened rapidly at 7:00~10:00 every day. The warming effect was the strongest at 10:00~13:00, and kept at 9.9°C~11.3°C on average. After 13:00, the warming effect continued to weaken. 2) There is little correlation between the temperature regulation effect of the shed and the temperature outside the shed in the daytime and their correlation coefficient is -0.04, which has strong correlation and negative correlation with that at night, and the correlation coefficient is -0.72; the temperature regulation effect of the shed has extremely weak correlation and negative correlation with the average wind speed of 2 minutes outside the shed in the daytime and their correlation coefficient is 0.11, and they are not very closely related at night; the temperature regulation effect of the shed has moderate correlation and positive correlation with the sunshine inside the shed in the daytime, and the correlation coefficient between them is 0.56.

Keywords

Hebei Tangshan, Greenhouse Grape, Flowering and Fruiting Period, Temperature

Copyright © 2020 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

葡萄是葡萄营养价值丰富含有多种氨基酸、维生素, 还含有一种生物活性物质花青素, 对人体有许多功效: 延缓衰老、补充能量、抗疲劳、助睡眠、补血等, 而且葡萄可产十几年以上, 经济效益高, 约有 95% 的种植地区分布在北半球, 是一种可以广泛种植的经济作物。葡萄的主要物候期包括树体营养贮存期、休眠期、催芽期、萌芽及新梢初期、开花坐果期、果实膨大及浆果成熟期, 由于易受高温热害、低温冷害等气候灾害, 葡萄开花坐果期会受到影响, 导致坐果率下降, 使得葡萄减产。温室大棚对气象

要素的调控可以使温室大棚内部与外部的气象要素产生差异,通过大棚对棚内气象因素的调控,使本不适宜葡萄生长发育的气象条件变得适宜,使葡萄正常生长,甚至达到多产、高产的目的。

过往国内外气象工作者已经有大量针对温室大棚对气象要素的调控效果的调查研究[1]。运用传热学、热力学和建筑采光学的基本理论建立了日光塑料大棚小气候数学模型[2],编写制作了计算程序,用于模拟分析日光塑料大棚棚内气象要素的变化过程[3]、分布特征以及不同的日照辐射、不同的围护结构和不同的大棚保温覆盖对其参数的影响[4],为日光塑料大棚的广泛使用提供了理论依据。有一些学者得出了温室的棚内外温差的值为晴天最大,阴天最小,在变化幅度上气温大于地温,并且温差与大气温、太阳高度角相关性显著的结果。符国槐分析了棚内和棚外的最高、最低温度的联系,构建了温室大棚小气候模型,结果表明,棚内气温与相对湿度呈线性负相关,棚内外气温白天的相关程度小于晚上,阴天晚上棚内外气温的相关程度最强[5]。袁静研究了此作物下温室大棚内的小气候变化特征,指出棚内相对湿度最小值与气温最高值出现的时刻相近,棚内相对湿度最大值与气温最低值出现的时刻相近[6]。阴天棚内气温的日较差最小,晴天时最大[7]。吉中礼等选取西北农业大学蔬菜试验站温室大棚的气象资料,分析了温室大棚的温度和风速的变化特征,结果表明,上午9时至11时时温室大棚内外温差增大,温差会随棚内高度的升高而增大,温室大棚约需三至四小时自然通风才能使棚内外的温度达到相同水平[8]。何南思研究了具体大棚作物的大棚小气候环境参数设置,以及温室控制系统的控制方法和控制策略[9],根据质量、能量守恒定理建立了大棚环境的机理模型,实现了对棚内温度的精确控制[10]。

在其他学者研究成果的基础上,对河北唐山温室大棚气象要素调控效果进行了深入的分析研究。进行温室大棚温度分析的目的在于确立温室大棚对棚内温度的调控作用强弱以及其与棚内外各个影响因子的相关关系,更好地利用温室大棚来调控农作物的生长环境,发挥大棚种植的优势,预测棚内温度,控制最适宜作物生长的温度。本文主要针对河北唐山大棚玫瑰香葡萄进行温室大棚调控效果分析,其目的和意义在于:大棚对于棚内气温的影响极其重要,可以直接影响棚内作物的正常生长,进行河北唐山大棚葡萄的大棚温度调控分析,可以避免盲目种植,为创造葡萄良好的生长发育气象环境提供科学依据。

2. 资料来源和方法

2.1. 资料来源

本论文所采用资料包括河北唐山地区2019年3月29日至4月30日曹妃甸唐海镇农研所试验基地的逐小时棚外正点气温、1.5 m棚内气温、棚内日照指数、棚外2分钟平均风速的资料,数据来自于河北省唐山市气象局。

2.2. 研究方法

1) 利用河北唐山地区2019年3月29日至4月30日曹妃甸唐海镇农研所试验基地气象观测站及小气候站所观测的逐小时棚外正点气温、1.5 m棚内气温,计算出逐小时大棚内外温差。

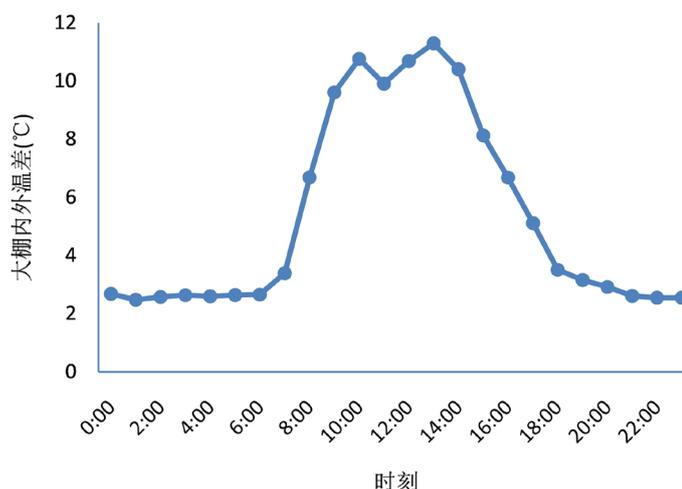
2) 利用图表相关分析法、相关系数分析河北唐山葡萄大棚对温度的调控效果的总体趋势以及棚外正点气温、棚外2分钟平均风速、棚内日照指数对温度的影响。

3. 葡萄大棚对温度的调控效果及其影响因子

3.1. 葡萄大棚对温度的总体调控效果

本文利用河北唐山地区2019年葡萄开花坐果期前后共33天(3月29日至4月30日)曹妃甸唐海镇农研所试验基地气象观测站及小气候站所观测的逐小时棚外正点气温、1.5 m棚内气温、棚内日照指数、棚

外 2 分钟平均风速的资料, 以逐小时 1.5 m 大棚的内外温差即反映温室大棚对温度的调控效果, 内外温差为正表示温室大棚对温度的调控作用为升温, 内外温差为负表示温室大棚对温度的调控作用为降温。计算各时刻 33 天内外温差的总平均值, 利用图表相关分析法, 得到河北唐山地区 2019 年 3 月 29 日至 4 月 30 日一天中 24 个时刻大棚内外温差随时间变化的总体趋势图(图 1)。由图可见: 河北唐山大棚葡萄开花坐果期间, 总体上大棚的内外温差在每天的 0:00~6:00 保持稳定, 温差平均保持在 2.5℃~2.7℃, 每日的 7:00~10:00 大棚的增温作用迅速增强, 10:00~13:00 大棚的增温作用为一天中最强, 温差平均保持在 9.9℃~11.3℃, 13:00 后大棚的增温作用持续减弱。



Finger 1. The general trend of temperature difference between inside and outside the greenhouse changes with time (units: °C)

图 1. 大棚内外温差随时间变化总体趋势(单位: °C)

通过列出 2019 年河北唐山大棚葡萄开花坐果期 33 天每日最大、最小棚内外温差以及其出现的时间, 并统计或计算出 3 月 29 日~4 月 5 日, 4 月 6 日~4 月 13 日, 4 月 14 日~4 月 21 日, 4 月 22 日~4 月 30 日及整个开花坐果期最大、最小棚内外温差和不同时期内每日最大、最小棚内外温差的平均值(表 1), 每日最大、最小棚内外温差出现的时间(图 2), 利用图 2 和表 1 可以看出: 2019 年河北唐山大棚葡萄开花坐果期期间, 白天大棚平均增温 8.0℃, 夜间大棚平均增温 2.7℃, 日均增温 5.3℃, 每日大棚增温作用最强的时段一般出现在 8:00~17:00, 其中 10:00~13:00 增温作用最强, 每日最强增温作用平均为 13.3℃。每日大棚增温作用最弱的时间一般出现在 18:00~次日 6:00, 且最弱阶段多在 23:00, 每日最弱增温作用平均为 0.4℃。

3.2. 葡萄大棚对棚内温度的影响因子

为进一步分析河北唐山葡萄大棚对温度的调控效果受哪些物理因素影响, 综合考虑该试验地区可能影响温室大棚对温度的调控效果的气象因素, 选取棚外正点气温、棚内日照指数、棚外 2 分钟平均风速的逐小时资料与棚内外温差的数据进行对比, 对河北唐山地区葡萄温室大棚对温度的调控效果的影响因素进行分析。

3.2.1. 棚外气温对棚内温度的影响

考虑到白天日照对大棚内部气温的影响, 白天和夜晚温室大棚内农作物的光合作用与呼吸作用不同等因素, 分别选取不同气象要素各自全天(0:00~23:00)、白天(7:00~18:00)及夜晚(0:00~6:00, 19:00~23:00)

的资料进行分析。

Table 1. Temperature difference between inside and outside the greenhouse during flowering and fruiting

表 1. 开花坐果期大棚内外温差

日期	3月29日~ 4月5日	4月6日~ 4月13日	4月14日~ 4月21日	4月22日~ 4月30日	3月29日~ 4月30日
最大棚内外温差(°C)	23.4	16.4	20.3	20.9	23.4
最小棚内外温差(°C)	-0.3	-3.3	-5.4	-1.6	-5.4
每日最大棚内外温差平均值(°C)	14.1	11.5	13.6	14.0	13.3
每日最小棚内外温差平均值(°C)	3.0	-0.7	-0.9	0.1	0.4
白天棚内外温差平均值(°C)	9.2	6.7	8.0	8.1	8.0
夜间棚内外温差平均值(°C)	6.3	1.4	1.0	2.0	2.7
内外温差平均值(°C)	7.8	4.1	4.5	5.1	5.3

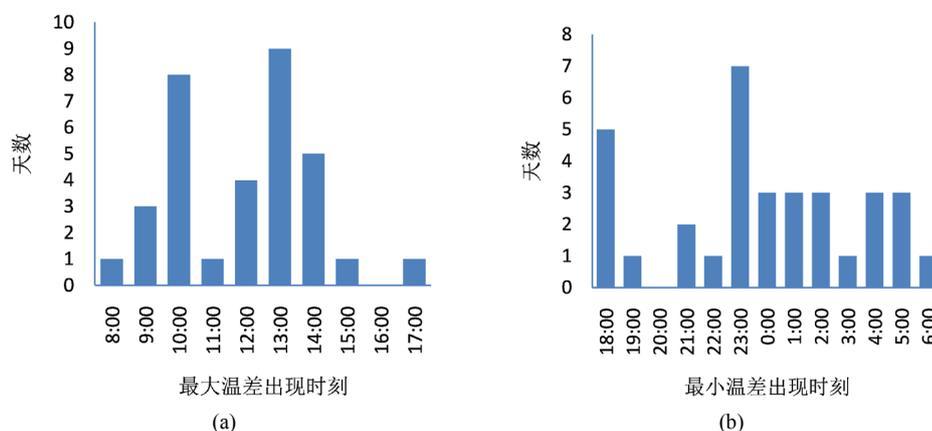


Figure 2. (a) The number of days when the maximum temperature difference between inside and outside the greenhouse occurs; (b) The number of days when the minimum temperature difference between inside and outside the greenhouse occurs

图 2. (a) 最大棚内外温差出现时刻天数; (b) 最小棚内外温差出现时刻天数

选取河北唐山大棚葡萄开花坐果期共 33 天每日全天逐小时大棚内外温差分别与和棚外正点气温、白天棚外正点气温、夜间棚外正点温度、白天棚外 2 分钟平均风速、夜间棚外 2 分钟平均风速以及日照的资料进行分析。

图 3 为 4 个不同时段(3 月 29 日~4 月 5 日, 4 月 6 日~4 月 13 日, 4 月 14 日~4 月 21 日, 4 月 22 日~4 月 30 日)的双坐标轴折线图。通过双折线图可以发现: 除极个别日期外, 大棚内外温差和棚外气温的变化趋势大致相同, 短期趋势的变化基本一致。以规律性来说, 除极个别日期外, 大棚内外温差和棚外气温数据每一天中的最高点出现的时间相差一般不超过 2 个小时。但是从整体的大趋势上来看, 大棚内外温差和棚外气温两组数据的长期变化趋势的一致性并不明显。

由图 4 可见: 在棚外气温升高的方向上, 大棚的内外温差波动起伏较大, 单从白天大棚内外温差随棚外气温的变化趋势图上无法看出明显的相关趋势。

为了衡量大棚内外温差与棚外气温相关性的密切程度, 计算大棚内外温差与棚外气温数据的相关系数, 计算结果为: -0.04 , 说明白天大棚的内外温差与棚外气温几乎没有相关性。

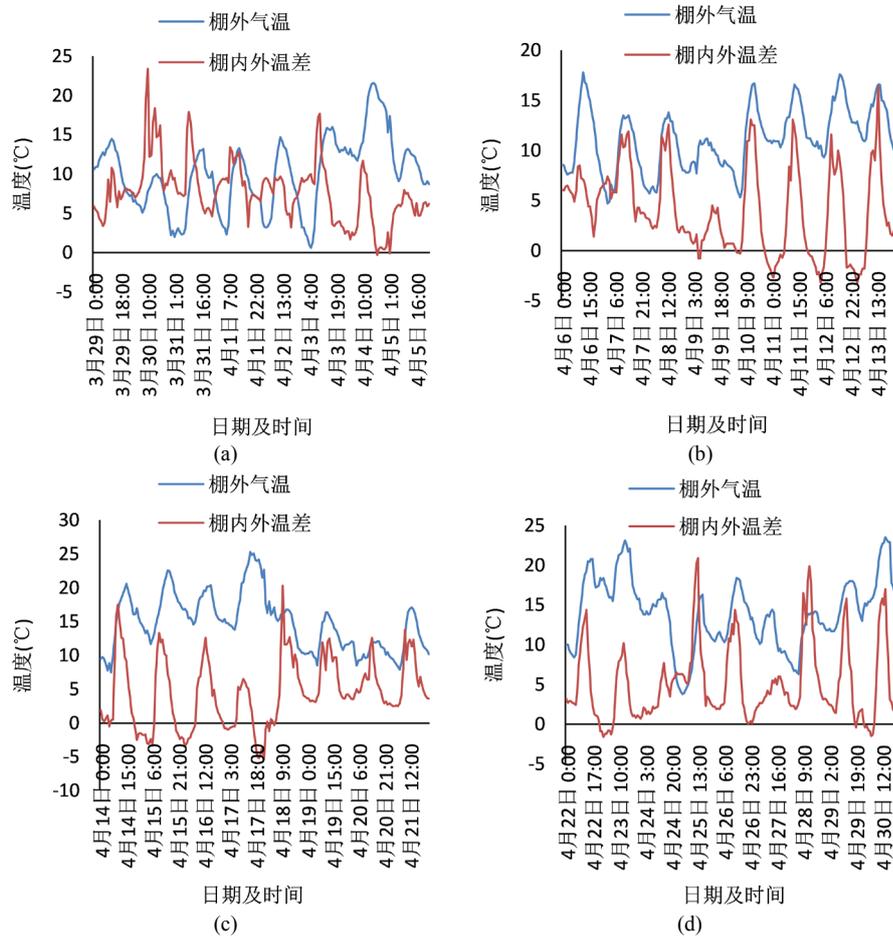


Figure 3. The variation trend of the temperature difference between inside and outside the greenhouse and outside the greenhouse over time. (a) 29 March to 5 April; (b) 6 April to 13 April; (c) 14 April to 21 April; (d) 22 April to 30 April
图 3. 大棚内外温差与棚外气温随时间的变化趋势。(a) 3月29日~4月5日; (b) 4月6日~4月13日; (c) 4月14日~4月21日; (d) 4月22日~4月30日

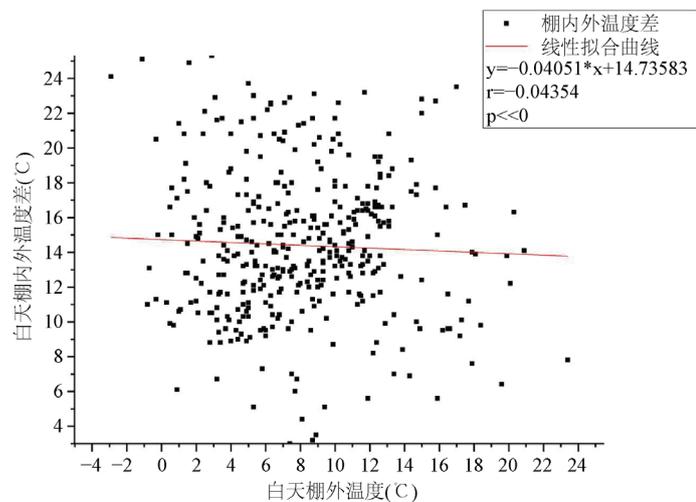


Figure 4. In the daytime, the temperature difference between inside and outside the greenhouse varies with the relative temperature outside the greenhouse
图 4. 白天大棚内外温差随棚外气温的变化趋势

图5为3月29日至4月30日33天夜间大棚内外温差随棚外气温的变化趋势。由图5可见：棚内外温差与棚外气温有着相反的变化趋势，当大棚外部气温升高时，大棚的内外温差会随之降低。

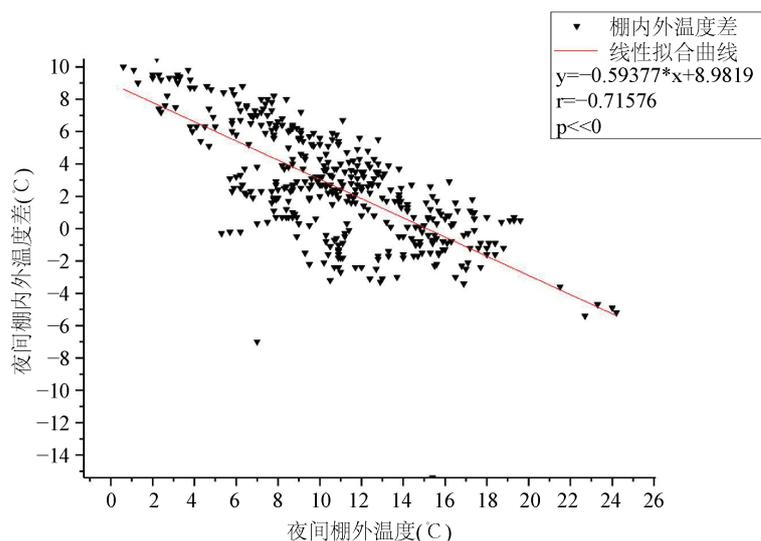


Figure 5. The variation trend of the temperature difference between inside and outside the greenhouse at night with the relative temperature outside the greenhouse

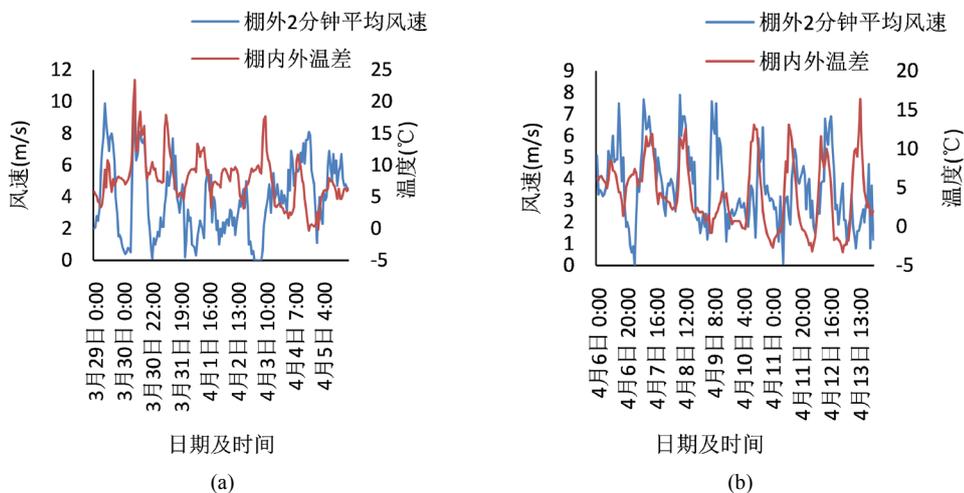
图5. 夜间大棚内外温差随棚外气温的变化趋势

计算出大棚内外温差与棚外气温数据的相关系数，计算结果为： -0.72 ，相关系数在0.6至0.8之间，说明夜间大棚的内外温差与棚外气温呈强相关，且两个变量呈负相关。

3.2.2. 棚外2分钟平均风速对棚内温度的影响

河北唐山大棚葡萄在开花坐果期期间温室大棚的通风口昼夜处于开启状态，棚内外温差会受到棚外风速的影响，还分析了棚外风速对温室大棚内外温差的影响情况。

图6为4个不同时段(3月29日~4月5日，4月6日~4月13日，4月14日~4月21日，4月22日~4月30日)的双坐标轴折线图。通过双折线图可以发现：除个别日期外，大棚的内外温差和棚外2分钟平均风速的变化趋势大致相同，短期趋势的变化基本一致。以规律性来说，大棚的内外温差和棚外2分



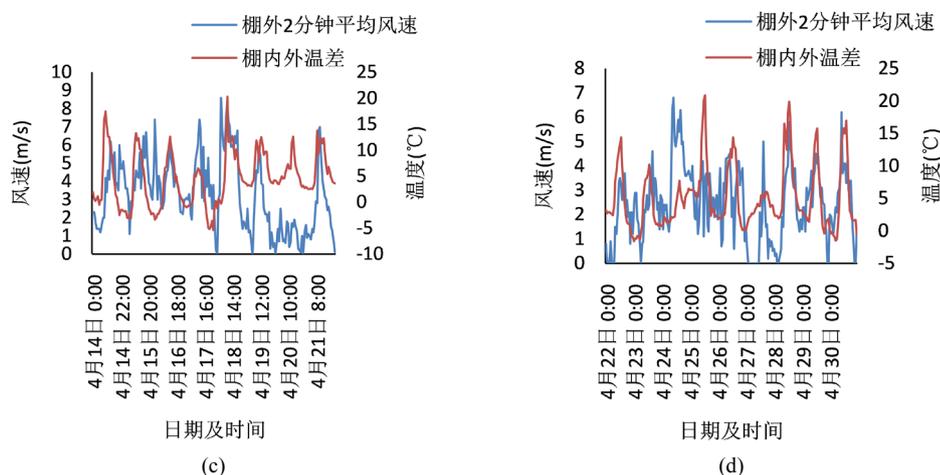


Figure 6. The variation trend of the temperature difference between inside and outside the greenhouse and the 2-minute average wind speed outside the greenhouse over time. (a) 29 March to 5 April; (b) 6 April to 13 April; (c) 14 April to 21 April; (d) 22 April to 30 April

图 6. 大棚内外温差与棚外 2 分钟平均风速随时间的变化趋势。(a) 3 月 29 日~4 月 5 日; (b) 4 月 6 日~4 月 13 日; (c) 4 月 14 日~4 月 21 日; (d) 4 月 22 日~4 月 30 日

钟平均风速数据每一天中的最高点出现的时间总体上相差不大。但从整体的大趋势上来看, 大棚的内外温差与棚外 2 分钟平均风速两组数据的长期变化趋势的一致性并不明显, 要分析两个变量的相关性, 还需采用更直观的方法。

为了研究大棚内外温差和棚外 2 分钟平均风速两组数据变化趋势的具体相关性, 选取每日白天(7:00~18:00)逐小时大棚内外温差和棚外 2 分钟平均风速的资料进行对比, 为了更直观地分析这两组数据之间的关系, 采用散点图。

图 7 为 3 月 29 日至 4 月 30 日 33 天白天大棚内外温差随棚外 2 分钟平均风速的变化趋势, 横坐标为棚外 2 分钟平均风速, 即自变量(x), 纵坐标为大棚的内外温差, 即因变量(y)。由图 7 可见: 在棚外 2 分钟平均风速增大的方向上, 大棚的内外温差波动起伏较大, 从整体上可以看出大棚内外温差与棚外 2 分钟平均风速的变化趋势相同, 随其增大而缓慢增大, 但是这种趋势并不明显。

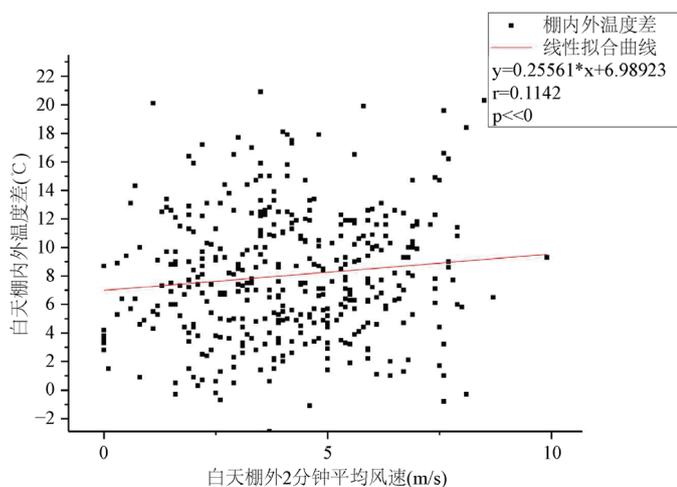


Figure 7. The variation trend of the temperature difference between inside and outside the greenhouse in the daytime with the 2-minute average wind speed outside the greenhouse

图 7. 白天大棚内外温差随棚外 2 分钟平均风速的变化趋势

为了衡量大棚内外温差与棚外 2 分钟平均风速相关性的密切程度, 计算出大棚的内外温差与棚外 2 分钟平均风速数据的相关系数, 计算结果为: 0.11, 相关系数小于 0.2, 说明白天大棚的内外温差与棚外 2 分钟平均风速呈极弱相关或无相关。

图 8 为 3 月 29 日至 4 月 30 日 33 天夜间大棚内外温差随棚外 2 分钟平均风速的变化趋势, 横坐标为棚外 2 分钟平均风速, 即自变量(x), 纵坐标为大棚的内外温差, 即因变量(y)。由图 8 可见: $P > 0.05$, 没有通过显著性检验, 所以夜间大棚内外温差与棚外 2 分钟平均风速没有相关性。

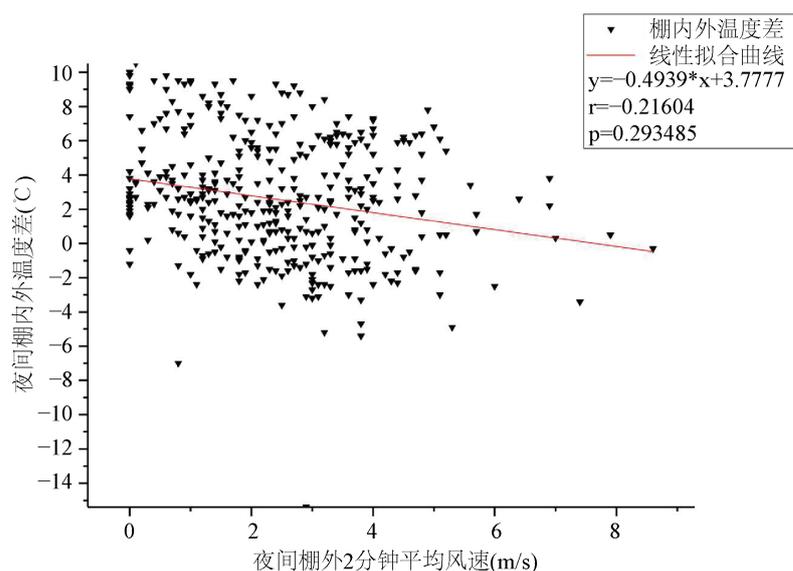


Figure 8. The variation trend of the temperature difference between inside and outside the greenhouse at night with the 2-minute average wind speed outside the greenhouse

图 8. 夜间大棚内外温差随棚外 2 分钟平均风速的变化趋势

3.2.3. 棚内日照强度对棚内温度的影响

河北唐山大棚葡萄在开花坐果期间昼夜覆盖棚膜, 白天时大棚内外温差会受到太阳光照的影响, 分析了日照对温室大棚内外温差的影响情况。

图 9 为 3 个不同时段(3 月 29 日~4 月 3 日, 4 月 4 日~4 月 9 日, 4 月 10 日~4 月 16 日)的双坐标轴折线图, 其中一条折线用来绘制大棚内外温差的数据, 另一条折线用来绘制棚内光照强度的数据。通过双折线图可以发现: 大棚的内外温差和棚内日照强度的变化趋势大致相同, 短期趋势的变化基本一致。以规律性来说, 除极个别日期外, 大棚的内外温差和棚内日照强度数据每一天中的最高点出现的时间相差一般不超过 1 个小时, 基本重合。但是从整体的大趋势上来看, 大棚的内外温差和棚内日照强度两组数据的长期变化趋势的一致性并不明显。

图 10 为 3 月 29 日至 4 月 16 日 19 天白天大棚内外温差随棚内日照强度的变化趋势, 横坐标为棚内日照强度, 即自变量(x), 纵坐标为大棚的内外温差, 即因变量(y)。由图 10 可见: 在棚内日照强度增大的方向上, 大棚的内外温差波动起伏较大, 但是可以看出大棚的内外温差在总体趋势上随棚内日照强度的增大而增大。

通过计算相关系数, 可以衡量两个变量之间相关性的密切程度, 大棚内外温差与棚内日照强度数据的相关系数为: 0.56, 说明大棚的内外温差与棚内日照强度呈中等程度相关, 且两个变量呈正相关。

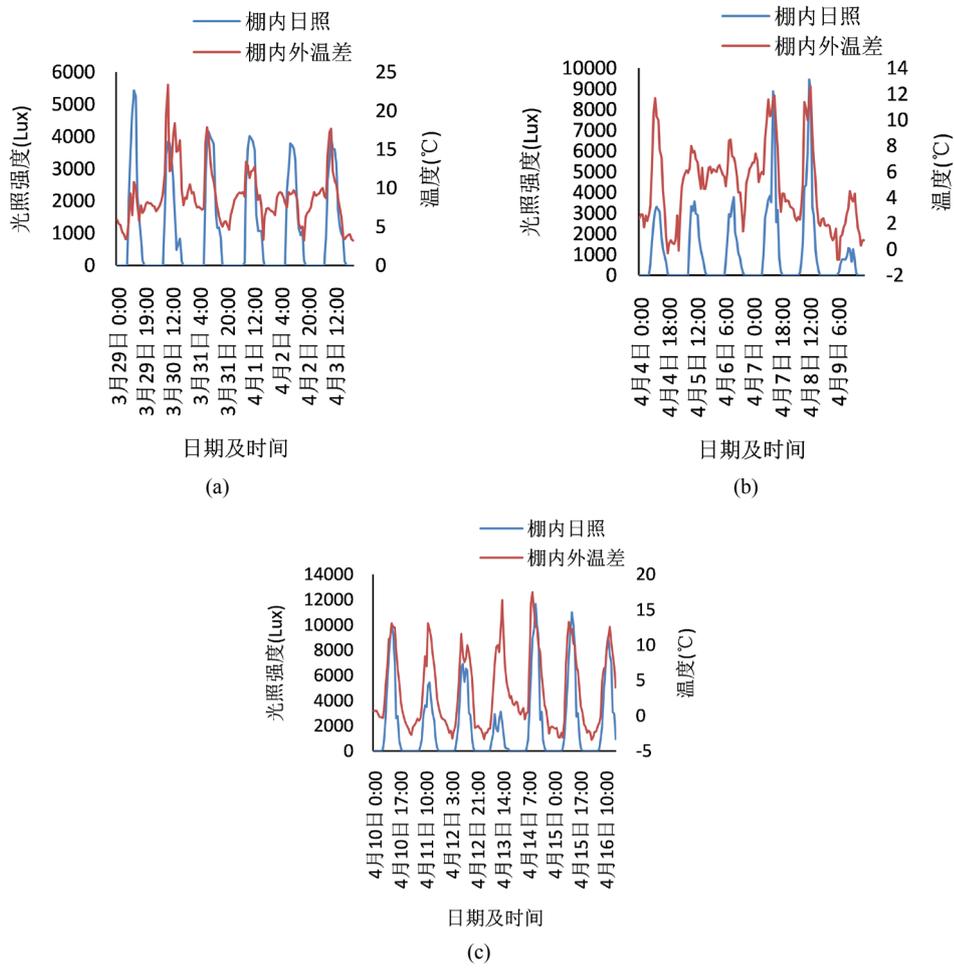


Figure 9. The variation trend of temperature difference inside and outside the greenhouse and sunshine intensity in the greenhouse with time. (a) 29 March to 3 April; (b) 4 April to 9 April; (c) 10 April to 16 April
图 9. 大棚内外温差与棚内日照强度随时间的变化趋势。(a) 3月29日~4月3日; (b) 4月4日~4月9日; (c) 4月10日~4月16日

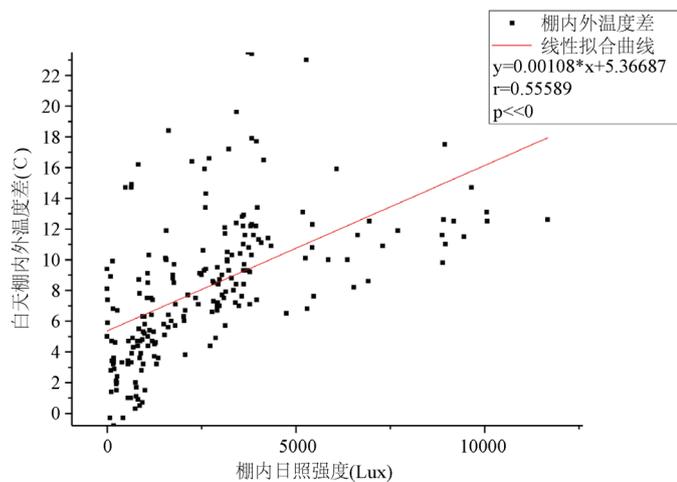


Figure 10. The variation trend of the temperature difference between inside and outside the greenhouse in the daytime with the sunshine intensity inside the greenhouse
图 10. 白天大棚内外温差随棚内日照强度的变化趋势

4. 结论

通过综合分析, 最终得出以下结果:

1) 大棚对温度的调控效果在每天的 0:00~6:00 保持稳定, 增温作用平均保持在 2.5℃~2.7℃, 每日的 7:00~10:00 大棚的增温作用迅速增强, 10:00~13:00 为一天中最强, 增温作用平均保持在 9.9℃~11.3℃, 13:00 后增温作用持续减弱。白天大棚平均增温 8.0℃, 夜间平均增温 2.7℃, 日均增温 5.3℃。每日增温作用最强的时段以 10:00~13:00 为最多, 占开花坐果期总天数的 66.7%, 每日最强增温作用平均为 13.3℃; 每日增温作用最弱的时间以 23:00 为最多, 占开花坐果期总天数的 21.2%, 每日最弱增温作用平均为 0.4℃。

2) 大棚对温度的调控效果与棚外气温在白天几乎没有相关性, 在夜间呈强相关, 且呈负相关。大棚对温度的调控效果与棚外 2 分钟平均风速在白天呈极弱相关, 在夜间两者相关性很小。大棚对温度的调控效果与棚内日照在白天呈中等程度相关, 且呈正相关。

参考文献

- [1] 李元哲, 吴德让, 于竹. 日光温室微气候的模拟与实验研究[J]. 农业工程学报, 1994, 10(1): 130-136
- [2] 刘可群, 黎明锋, 杨文刚. 大棚小气候特征及其与大气候的关系[J]. 气象, 2008, 34(7): 101-107.
- [3] 黎明锋, 杨文刚, 阮仕明. 塑料大棚小气候变化特征及其与蔬菜种植的关系[J]. 湖北气象, 2004, 23(4): 27-29.
- [4] 胡绵好, 沈彤, 刘明月, 等. 不同覆盖层次塑料大棚内温度和光照度的变化[J]. 湖南农业大学学报, 2004, 30(6): 545-548.
- [5] 符国槐, 张波, 杨再强, 等. 塑料大棚小气候特征及预报模型的研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(13): 242-248.
- [6] 袁静, 王令军, 徐剑平, 等. 大樱桃大棚小气候特征分析及预报[J]. 中国农学通报, 2015, 31(19): 173-179.
- [7] 力力, 杨其长, Gerard P. A. Bot, 等. 日光温室热环境模拟模型的构建[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 164-170.
- [8] 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, 1997, 6(1): 183-190.
- [9] 何南思. 温室大棚环境参数控制[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2014.
- [10] 陈丹, 范万新, 梁萍, 等. 夏季不同结构塑料大棚的小气候特征[J]. 西北农林科技大学学报, 2008, 36(11): 183-190.