

# 外部环境气象条件对日光温室 气象条件的影响

崔建云<sup>1</sup> 董晨娥<sup>1</sup> 左迎之<sup>2</sup> 高晓梅<sup>1</sup> 徐文正<sup>1</sup>

(1. 山东潍坊市气象局, 261011; 2. 山东日照气象局)

**提 要:** 应用 2003 年 1~4 月、10~12 月在寿光蔬菜基地的日光温室内所取得的温度、光照和湿度资料及同一时期周围外部环境气象条件资料, 分析了外部环境气象条件对日光温室内的温度、光照及湿度等气象条件的影响情况, 在此基础上, 提出了温室蔬菜生产中天气预报指导作用的简单思路。

**关键词:** 日光温室 外部环境气象条件 温室气象条件

## The Influence of Outside Meteorological Conditions on Conditions Inside Greenhouse

Cui Jianyun<sup>1</sup> Dong Chen'e<sup>1</sup> Zuo Yingzhi<sup>2</sup> Gao Xiaomei<sup>1</sup> Xu Wenzheng<sup>1</sup>

(1. Weifang Meteorological Office, Shangdong Province 261011;  
2. Rizhao Meteorological Office, Shangdong Province)

**Abstract:** Based on the meteorological data, such as temperature, light and humidity, observed outside and inside the greenhouse in Shouguang vegetable production base, Shandong Province, the influences of outside meteorological conditions on the conditions inside greenhouse is analyzed. Based on this analysis, some guidelines are put forward on using the weather forecast in the greenhouse vegetable production.

**Key Words:** greenhouse temperature light humidity

## 引 言

位于鲁北的寿光蔬菜基地有着丰富的蔬菜种植资源,尤其是冬季日光温室蔬菜生产,更以其蔬菜品种全、质量优及规模大,成为全国著名的蔬菜供应基地之一。寿光蔬菜基地的气候属北温带半湿润大陆性季风气候,常年平均温度为 12.6℃,在冬季最冷的 1 月份平均气温只有 -2.8℃,自然条件远不能满足蔬菜生长的需要,而日光温室的出现为当地冬季蔬菜生产提供了有利条件。但在目前基地内大规模的日光温室蔬菜生产,主要靠自然光照维持,这就决定了冬季蔬菜生长状况对外部环境气象条件有较大的依赖性。

2002 年以前,当地气象部门为蔬菜基地提供的天气预报服务是根据经验进行预测预警,防灾减灾以及提高蔬菜产量和质量的效果不是很令人满意。为了取得更定量化的温室气象条件资料,寻求外部环境气象条件对温室内小气候影响情况,我们于 2003 年冬春季和秋冬季温室覆盖期间,进行了温室气象条件和外部环境气象条件对比试验。本文重点分析了试验期间外部环境气象条件对温室气象条件的影响特征。

## 1 试验情况概述

试验所采用的日光温室基本构造为单面坡式,是在寿光“三元朱”式温室大棚的基础上改良完成的。温室坐北朝南,东西长 80m,南北宽 9.5m,后坡墙高度 3.0m。东、北、西三面墙的厚度为 1m,温室前面及上面覆盖棚膜为聚乙烯无滴膜,棚膜上面覆盖草帘。每日 08 时以后揭开草帘,接收太阳辐射,9~10 时进行通风,下午 16 时~次日 08 时在棚膜上面覆盖草帘,增加保

温性能。

试验时间选在温室覆盖棚膜期,分别为 2003 年 1~4 月和 2003 年 10 (10 月 10 日开始,下文简称 10 月)~12 月。温室的观测项目包括温度、光照强度及相对湿度,观测位置在距地表以上 1.7m,东西向居中,距离北墙 4m 的位置处,试验期间每天进行 24 次定时观测(正点),观测天数为 203 天。温室地点位于寿光蔬菜基地的一家农户的蔬菜温室内,外部环境气象条件资料取自距该蔬菜温室 8km 且气候条件与温室附近气候条件相近的寿光气象站的观测资料,试验期间温室种植作物是茄子。

## 2 外部环境气象条件对温室温度的影响

### 2.1 外部环境气象条件对温室内温度的影响机理

目前蔬菜基地内大部分温室覆盖材料为厚度 0.12mm 的棚膜,这种棚膜对太阳短波辐射的透射率达到 80%~90%左右,而温室内部和作物向外的长波辐射很少能向外透射出去。设进入温室的热量为  $Q$ ,传出温室的热量为  $U$ ,白天时, $Q>U$ ,温室得到热量,温度升高,夜晚时, $Q<U$ ,温室失去热量,温度降低<sup>[1]</sup>。

太阳辐射穿过大气到达地面时要受到大气的衰减,尤其是以云层对太阳辐射的反射最为明显<sup>[2]</sup>,即天空状况影响温室接收的辐射量,影响温室白天的温度。同时,由于一般情况下温室温度高于外部环境温度,所以通过温室围护结构不断向外传送热量,向外传送的热量包括两部分,即基本传热量和附加传热量。基本传热量是由于温室和外部环境存在温度差,热量从室内传向室外,即外部温度影响室内热量的储存和散热;附加传热量是由于温室结构材料、风力等气象条件

的不同引起的，一般认为与气象条件关系较大的因子是风速，风速越大，温室表面换热系数越大，相应散热越快<sup>[3]</sup>。

## 2.2 天空状况对温室温度的影响

把天空状况对温室内温度的影响分为晴天、多云、阴天（未覆盖草帘）和草帘覆盖4种情况（图1），从图中可以看出天空状况对温室内温度的影响特征。

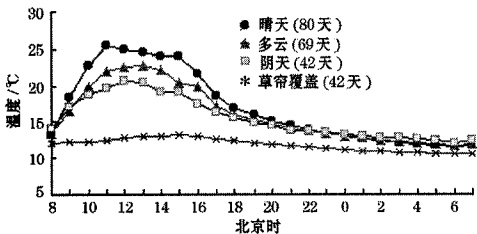


图1 2003年1~4月、10~12月不同天空状况下温室平均温度与外部环境天空云量的关系

(1) 4种情况在白天接受辐射阶段温室内温度存在较大差异，4种情况的排列顺序是晴天>多云>阴天>草帘覆盖，晴天时的平均最高温度为25.4℃，多云时的平均最高温度为22.8℃，阴天时的平均最高温度为20.7℃，草帘覆盖时平均最高温度为13.2℃，结果表明白天接收太阳辐射阶段，天空云量越少，温室内温度越高。

(2) 当天空状况为晴天、多云和阴天时，温度曲线都有明显的上升和下降过程，存在较大的日较差；而在草帘覆盖时，温度曲线较前三者明显不同，表现为近似平直的直线，没有明显的温度起伏变化。

(3) 晴天时最高温度出现在11时，多云和阴天时分别出现在13时和12时，草帘覆盖时最高温度出现时间不明显。

(4) 虽然前三种情况下开始降温的基础温度不同，但是在22时温度基本接近，从23时开始温度变化呈现出与白天相反的结果：

阴天>多云>晴天，且温度差异相对较小。即在覆盖草帘降温阶段天空云量越多，降温幅度越小。

4种情况的日平均温度分别为16.8℃、15.9℃、15.5℃和11.8℃，最后一种情况明显低于前三种情况。由于覆盖时接收不到任何的太阳能量，白天温度几乎没有升高，而夜间温度继续降低，这种情况对作物生长极为不利。

## 2.3 外部环境温度对温室温度的影响

### 2.3.1 外部环境温度与温室内温度日间变化特征比较

分析试验期内平均的外部环境温度及温室内温度的日间变化（图略），可以看出几点：（1）24个时次中温室内温度都明显高于外部温度，最大温差出现在11时，为14.7℃，最小温差出现在17时，为9.5℃，温室内温度平均为16.0℃，外部环境温度平均5.1℃，温室内、外温差为10.9℃。（2）达到最高温度的时间有差异，温室温度达到最高的时间平均为12时，外部环境温度达到最高的时间平均为14时，升温过程中，温室内温度变化对太阳辐射的增加反应更快，外部环境温度的变化滞后于温室温度的变化。（3）降温过程都是缓慢降温，都于次日凌晨6时温度达到最低点。

### 2.3.2 外部环境日平均温度变化对温室内温度的影响

分析温室和外部环境日平均温度随时间变化情况（图2），可以看出以下几点：（1）从两者变化的总体趋势看，温室温度变化曲线相对平稳，季节特征不明显；而外部环境温度变化曲线为1~4月逐渐上升，10~12月逐渐下降，表现出明显的季节特征。（2）从曲线变化具体分析看，外部环境温度达到一个高点时往往对应着温室温度的高点，外部环境温度达到相对低点时，也是温室温度

的低点。温室温度最高值和外部环境温度最高值都出现在 10 月 10 日, 分别为  $23.2^{\circ}\text{C}$  和  $22.3^{\circ}\text{C}$ 。分析两者的相关关系, 两者的相关系数  $r=0.56$ , 该系数通过显著水平  $\alpha=0.01$  的显著性检验。

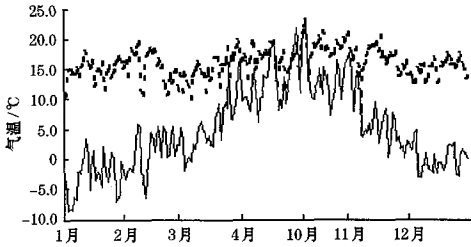


图 2 2003 年 1~4 月、10~12 月温室(点线)及外部环境(实线)温度日变化对比

从总体趋势看, 外部温度对温室温度的影响似乎不明显, 但从两者的相关性分析, 两者有较好的正相关关系。分析原因, 当外部环境温度随着季节变化时, 根据经验, 菜农需要通过调节通风时间、通风量等来调节温室温度。由于这种调节的连续性使温室内温度趋于平稳, 但是因为这种调节不可能是精确的, 又使温室内温度受外部环境温度的影响显现出来。

### 2.3.3 外部环境最高温度(最低温度)对温室最高温度(最低温度)的影响

分析试验期内温室内部和外部环境日最高温度(最低温度)的变化情况(图略)可以看出, 温室和外部环境日最高温度(最低温度)的变化图与图 2 类似, 温室最高温度(最低温度)的变化起伏不大, 而外部环境温度呈现明显的上升和下降趋势。

同样, 分析温室和外部环境最高温度的相关系数为 0.60, 温室和外部环境最低温度的相关系数为 0.63, 两者均通过显著水平  $\alpha=0.01$  的显著性检验, 相关程度较高。

## 2.4 外界风力变化对温室温度的影响

分析风力对温室温度的影响。用 02 时、08 时、14 时和 20 时的温度及每个时次对应的前 6 小时的平均风速进行相关分析。通过分析, 得到的相关系数为分别 0.09、0.19、0.20 和 0.08, 即 4 个时次温室温度与对应前 6 小时的平均风速有正的相关关系。如 3 月 29 日和 12 月 6 日 08~14 时平均风力超过  $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 14 时平均温度分别达到  $30.1^{\circ}\text{C}$  和  $28.9^{\circ}\text{C}$ , 即大风并没有对温室升温造成不利的影响。这个结果与考虑换热系数的结果有些差别。

分析主要原因认为, 试验期间所用温室围护结构传热热阻较高, 风速对外表面换热系数的影响在整个围护结构散热中所占比例较小。另一个原因, 由于冬季稳定的天气形势所形成, 冬季多受大陆高压影响, 风力较大时一般天气晴好, 相应温室温度较高, 而夜间风力较大时, 减弱地面辐射, 造成外部环境温度较高, 相应温室温度高, 这也是造成风力与温室温度呈正相关的原因之一。

## 3 天空状况对温室光照的影响

### 3.1 温室光照机理分析

温室内的光照来源于室外太阳辐射, 室内光照条件的变化规律与自然光照有相同之处, 又不同于自然光照。温室的光照情况分为光照强度和光照时数, 而光照时数的多少主要由管理温室的菜农随机控制, 虽然理论上讲, 天气晴朗时光照时数可以适当延长, 但是对蔬菜基地内的单面坡式温室保温要求更高, 在天空状况不是太恶劣的情况下光照时数基本固定, 而且比气象学所指的光照时

数要短。光照强度受到诸多因素的影响，除太阳高度角、温室覆盖材料等原因，主要受到天空状况的影响较大。

### 3.2 天空状况对温室光照强度的影响

利用试验期内在温室内所取得的光照资料分析外界天空云量对温室光照强度的影响。天空云量仍分为4种情况：晴天、多云、阴天、草帘覆盖。4种情况下，9~15时平均光照强度分别为27.2、23.7、13.4和0kLux，平均日最强光照强度分别为39.7、35.8、24.6和0kLux。晴天时，日最强光照最大值出现在1月14日12时，为62.5kLux，日最强光照最小值只有1.9kLux，出现在11月7日；超过50kLux的天数是28天，不足10kLux的天数是12天；在阴天覆盖的情况下，没有任何的光照。

上述结果说明温室接收到的光照强度随着天空云量的增加而减少。超过50kLux的光照强度对于喜阴性作物生长不利，同样不足10kLux的光照强度也无法满足作物的光合作用的需要。所以要根据天空状况和作物习性，采取不同的措施。

### 4 外界气象条件对温室湿度条件的影响

由于温室近似密闭的环境，高湿度是温室环境的特点之一，在密闭情况下温室水蒸汽迅速达到饱和，空气相对湿度明显高于外部环境。因此分析湿度条件时，将每天的湿度资料分为两部分，即温室密闭时段和通风换气时段（图3）。

一般情况下，每天揭开草帘的时间为8:30左右，揭开草帘后，在太阳辐射的作用下，温度迅速升高，空气湿度缓慢下降。并在9:30~10:00左右进行通风，通风后

温室湿度迅速下降，于11时左右达到一个较稳定低值，这个低值一直维持到通风结束。在晴天正常通风条件下，温室10~15时相对湿度为59%，外部环境相对湿度51%；在天空状况为多云和阴天时，10~15时温室相对湿度一般在70%~85%之间，外部环境相对湿度在64%~79%之间。从结果看温室在通风阶段的湿度略大于室外，且趋向于外部环境湿度，外部湿度大时，温室湿度相对较大。

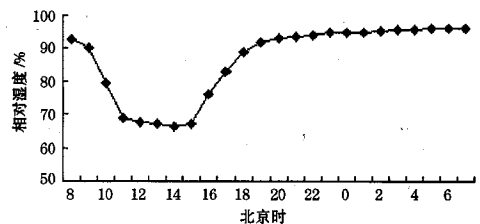


图3 温室相对湿度随时间变化图

下午15时以后草帘覆盖后，湿度迅速上升至90%以上，至19时逐渐饱和，这种饱和状态一直持续到第二天通风以前，这段时间温室密闭，相对湿度受外界影响较小。同样，在阴天草帘覆盖时，温室密闭，温室基本为饱和状态。

### 5 连阴天气对温室温度、光照和湿度特征的影响

在试验期间，出现了两次连阴天并且未揭开草帘的情况。第一次出现在2月21~22日。其中21日全天平均气温12.1℃，最高为12.8℃；22日全天平均气温10.5℃，最高出现在16时，为12.3℃。第二次出现在12月4~5日，12月4日和5日平均温度都为12.6℃，4日最高气温为12.8℃，5日最高气温为13.4℃。这几天温室光照为0kLux；平均相对湿度90%以上。

## 6 温室气象条件预报预警系统

通过这次试验及试验结果的分析,我们制作了温室气象条件预报预警系统,该系统通过在2004年1~4、10~12月试运行,效果较好。各地气象条件不同,本文只为冬季温室内气象条件预报预警提供一些思路。

### 6.1 短期天气预报的指导作用

通过分析试验结果,选取外部环境中对温室气象条件影响较明显的因子,用多元回归的方法得到温室内气象条件预报方程,如温室最高温度、夜间最低温度、光照等,结合不同作物在不同发育时期对气象条件的要求,制作指导性预报。

### 6.2 中长期预报的预报、预警

根据分析的试验结果知道,温室内气象条件受外部环境影响较大,如外部环境气温过低,或者天空状况较差,都可能导致温室内温度、光照不足,如果持续时间较长,就会影响到某些作物产量及质量。中长期预报

的重点在于灾害性天气的预警,如连阴天、强寒潮警报等。

## 7 小结

(1) 温室温度受到外部环境天空云量、温度及风力的影响,天空云量越少,温室在白天接收的太阳辐射越多;外部环境温度与温室温度具有较好的相关性;外部环境风力与温室温度有正相关关系。

(2) 温室光照强度随着天空云量增加而减弱。

(3) 白天通风时,温室湿度趋向于外部环境湿度,密闭时相对湿度超过90%。

(4) 根据试验结果,可制作温室气象条件的短时和短期预报及制作中长期预报,发布连阴天和寒潮警报。

## 参考文献

- 1 周长吉. 现代温室工程. 北京: 化学工业出版社, 2003: 139.
- 2 段若溪, 姜会飞. 农业气象学. 北京: 气象出版社, 2002: 36.
- 3 周长吉. 现代温室工程. 北京: 化学工业出版社, 2003: 144.