

# 鲁中地区冬季设施西瓜最低气温变化特征及预报模型研究

吴冠楠, 张爱玲, 王成玉, 马英洁

山东省昌乐县气象局, 山东 昌乐

收稿日期: 2023年1月24日; 录用日期: 2023年2月22日; 发布日期: 2023年2月28日

## 摘要

本文利用山东省潍坊市昌乐县西瓜大棚小气候观测站数据, 通过对冬季西瓜温室大棚内、外的最低气温变化特征, 采取逐步回归方法, 构建冬季西瓜大棚最低气温预报模型, 并对模型进行验证。结果表明, 棚内最低气温始终高于棚外, 且棚外气温越低时, 棚内、外气温差异越大; 不同天气条件下, 各模型实测值和模拟值的平均绝对误差在 $1.1^{\circ}\text{C}$ ~ $1.3^{\circ}\text{C}$ 之间, 拟合效果较好。

## 关键词

西瓜, 日光温室, 小气候, 低温预报模型

## Study on the Minimum Temperature Change Characteristics and Forecast Model of Winter Facilities Watermelon in Central Shandong

Guannan Wu, Ailing Zhang, Chengyu Wang, Yingjie Ma

Changle Meteorological Bureau, Changle Shandong

Received: Jan. 24<sup>th</sup>, 2023; accepted: Feb. 22<sup>nd</sup>, 2023; published: Feb. 28<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Based on the data of the watermelon greenhouse microclimate observation station in Changle County, Weifang City, Shandong Province, this paper adopts the stepwise regression method to build the winter watermelon greenhouse minimum temperature prediction model and verify the model. The results showed that the lowest temperature inside the shed was always higher than that outside the shed, and the lower the air temperature outside the shed, the greater the differ-

ence between the air temperature inside and outside the shed; under different weather conditions, the average absolute error of the measured and simulated values of each model is between 1.1 °C and 1.3 °C, and the fitting effect is good.

## Keywords

Watermelon, Solar Greenhouse, Microclimate, Low Temperature Forecast Model

Copyright © 2023 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

大棚西瓜生产是山东设施农业的重要产业之一,已成为带动地方农业发展、农户增加收入的重点领域。目前,由于中国农村产业结构的调整,日光温室西瓜种植生产管理技术也日渐成熟,推广运用西瓜嫁接,克服了轮作的困难,稳定了规模种植,但由于西瓜移栽期及早期生长对气温非常敏感,特别是抗低温能力差,故大多数西瓜移栽期集中在元旦前,清明前后上市。上市时间集中,也在一定程度上降低了西瓜价格的提升空间,经济效益受到限制。因此,研究如何能够提早上市、拉长供应期、增加经济效益,都具有重要意义。

为了提高设施栽培作物的经济效益,近年来国内不乏针对棚内气象要素变化规律的分析研究。由于棚内小气候变化规律与种植作物也存在一定的关联性,针对设施西瓜的棚内小气候,特别是移栽期和生长初期的低温变化规律研究还比较薄弱。随着设施农业的迅速发展,有关设施农业问题的探讨也越来越多,如关于在不同气候背景下温室小气候的日变化问题[1] [2] [3],孟翠丽等发现,冬季火龙果大棚内,最低气温日变化受棚内、外最低气温变化特征显著;有在全面掌握温室小气候和外部天气条件相互作用的基础上,创建的天气参数预测模型,如刘可群等[4]发现,白天棚内气温雨大气温度、太阳高度角关系密切,夜间气温以及 10 cm 地温雨大气温度相关显著;魏瑞江等[5]发现,影响棚内小气候的主要因子有外界的日照时数、平均气温、最低气温、最高气温、空气湿度、云量以及棚内前一天的最高气温等;符国槐等[6],采用逐步回归方法构建了棚内温湿度等气象要素的预测模型。

本研究利用山东省潍坊市昌乐县西瓜大棚小气候观测站数据,分析并建立冬季西瓜大棚最低气温预报模型,为鲁中地区设施西瓜冬季低温气象服务提供技术支撑,为实现西瓜提前种植、提前上市创造条件。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料来源

试验大棚位于潍坊市昌乐县庵上湖村,为第三代日光温室大棚。小气候观测站位于棚内中间位置,观测时间为 2018 年 12 月至 2021 年 12 月,气温传感器安装在 1.5 m 高度,每分钟观测一次。选取观测期间的西瓜生长期间易受低温冻害的时间,即每年 12 月至次年 3 月的气温观测数据进行分析。

大棚外气象资料采用昌乐国家气象观测站的数据,选取与大棚小气候站选用数据时间对应的气温、日照观测数据。

### 2.2. 方法

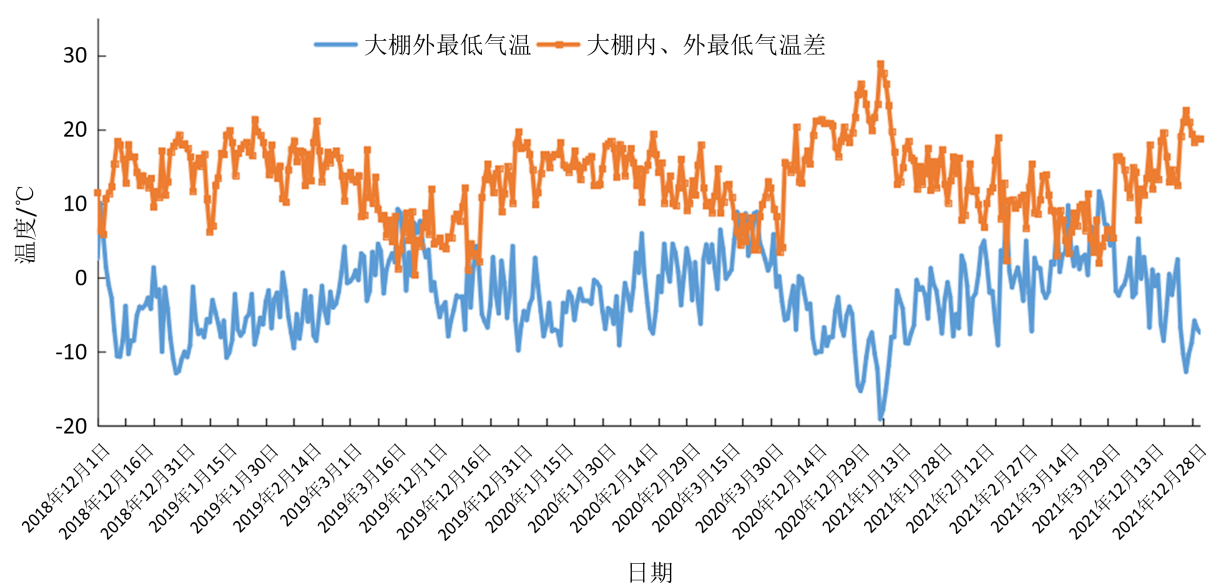
1) 天气类型划分。根据气象上利用日照百分率  $S$  对天气类型的划分标准( $S \geq 60\%$ 、 $20\% \leq S < 60\%$ 、 $S < 20\%$ ),将天气类型划分为晴天、多云、寡照 3 种。

2) 研究方法。通过 SPSS 软件, 将当天以及前一天的棚外平均、最高、最低气温, 前一天的棚内最高、最低气温等因子作为自变量因子, 分别与当天棚内最低气温进行单因子相关分析, 筛选出显著相关的因子。并以此为自变量, 采用逐步回归方法, 分别构建晴天、多云、寡照等天气类型下的西瓜大棚最低气温预报模型, 并对模型进行回代检验, 判断模型的拟合效果能否满足应用需求。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 大棚内外的气温变化特征

图 1 是大棚内、外最低气温差与棚外最低气温的对比图。结果显示, 大棚内、外最低气温差始终大于  $0^{\circ}\text{C}$ , 表明大棚内逐日最低气温始终高于棚外逐日最低气温, 且棚外最低气温越低时, 棚内、外的逐日最低气温差异越大; 反之, 棚外最低气温越高, 大棚内、外的逐日最低气温差异越小。



**Figure 1.** Comparison between the lowest temperature difference inside and outside the greenhouse and the lowest temperature outside the greenhouse

**图 1.** 大棚内、外最低气温差与棚外最低气温对比

不同月份大棚内、外最低气温的差异也有所不同(如表 1), 特别是每年 1 月份, 棚外最低气温处在一年当中最低点, 此时大棚内、外的逐日最低气温平均差值最大, 平均相差  $16.3^{\circ}\text{C}$ , 说明外界温度越低时, 大棚的增温效果越显著。3 月份随着入春后气温升高, 棚外最低气温升至  $0^{\circ}\text{C}$  以上, 设施西瓜遭受低温冻害的可能性大幅下降。

**Table 1.** Comparison between the average value of the lowest temperature outside the shed and the monthly average value of the lowest temperature difference inside and outside the shed in each month

**表 1.** 各月棚外最低气温平均值和棚内、外最低气温差月平均值对比

月份	棚外月平均最低气温	棚内、外最低气温差月平均值
12 月	$-4.2^{\circ}\text{C}$	$14.0^{\circ}\text{C}$
1 月	$-5.8^{\circ}\text{C}$	$16.3^{\circ}\text{C}$
2 月	$-2.1^{\circ}\text{C}$	$13.6^{\circ}\text{C}$
3 月	$2.8^{\circ}\text{C}$	$8.7^{\circ}\text{C}$

### 3.2. 不同天气状况下最低气温变化特征

由表 2 可知, 12 月~2 月不同月份, 棚内、外最低气温的差异, 始终保持晴天 > 多云 > 寡照, 差异最大的是 1 月份晴天时, 平均相差 17.6℃; 差异最小的是 12 月份寡照时, 平均相差 10.9℃。分析原因, 不同天气状况下, 晴天时夜间辐射降温最剧烈, 造成棚外最低气温下降明显, 而大棚内在各种保温措施作用下, 有利于降低温度流失, 棚内、外温差加大。

**Table 2.** Comparison of the lowest temperature inside and outside the shed under different weather conditions

**表 2.** 不同天气状况下棚内、外最低气温对比

	晴天			多云			寡照		
	12 月	1 月	2 月	12 月	1 月	2 月	12 月	1 月	2 月
大棚内	9.8	10.1	11.3	9.7	11.3	12.4	9.9	10.7	11.8
大棚外	-6.1	-7.5	-2.8	-1.6	-4.5	-0.6	-1.0	-3.0	-1.1
差值	15.9	17.6	14.1	11.3	15.8	13	10.9	13.7	12.9

### 3.3. 低温预报模型因子筛选

将当天和前一天棚外平均气温、最高气温、最低气温, 前一天棚内最高气温、最低气温与当天棚内最低气温分别进行单因子相关分析, 筛选出与当天棚内最低气温显著相关的因子。

结果(表 3)表明, 晴天时, 所有因子均通过了信度为 0.01 水平的显著性检验, 呈正相关。考虑到平均气温、最高气温、最低气温三者之间的相关性和共线性, 选取相关系数最大的当天棚外最低气温、前一天棚外最高气温、前一天棚内最低气温作为模型因子。

多云天气状况下, 除前一天棚外平均气温和最低气温外, 其余因子均通过了信度为 0.01 水平的显著性检验, 呈正相关。选取相关系数最大的当天棚外最低气温、前一天棚外最高气温、前一天棚内最低气温作为模型因子。

寡照天气状况时, 除前一天棚外最低气温外, 其余因子均通过了信度为 0.01 水平的显著性检验, 呈正相关。选取相关系数较大的当天棚外最高气温、前一天棚外最高气温、前一天棚内最低气温作为模型因子。

**Table 3.** Correlation analysis between each factor and the lowest temperature in the greenhouse

**表 3.** 各因子与棚内最低气温相关分析

项目	当天棚外 平均气温	当天棚外 最高气温	当天棚外 最低气温	前一天棚外 平均气温	前一天棚外 最高气温	前一天棚外 最低气温	前一天棚内 最高气温	前一天棚内 最低气温
晴天棚内 最低气温	0.322**	0.307**	0.338**	0.298**	0.356**	0.203**	0.366**	0.781**
多云棚内 最低气温	0.336**	0.31**	0.339**	0.246*	0.326**	0.113	0.489**	0.863**
寡照棚内 最低气温	0.416**	0.434**	0.335**	0.33**	0.356**	0.233*	0.39**	0.824**

注: “\*\*”表示通过 0.01 水平的显著性检验, “\*”表示通过 0.05 水平的显著性检验。

### 3.4. 冬季西瓜大棚最低气温预报模型构建

采用逐步回归方法, 分别建立 3 种天气状况下日最低气温线性回归模型。由表 4 可知, 模型均通过 0.01 水平的显著性检验。

**Table 4.** Forecast model of daily minimum temperature in greenhouse under different weather conditions  
**表 4.** 不同天气状况下棚内日最低气温预报模型

天气状况	模型	模型检验值
晴天	$Y = 2.695 + 0.755T_1 + 0.073T_2$	$N = 250, R^2 = 0.608, P < 0.01$
多云	$Y = 1.405 + 0.912T_1$	$N = 59, R^2 = 0.744, P < 0.01$
寡照	$Y = 2.857 + 0.686T_1 + 0.128T_3$	$N = 84, R^2 = 0.676, P < 0.01$

注：“ $T_1$ ”表示前一天棚内最低气温，“ $T_2$ ”表示当天棚外最低气温，“ $T_3$ ”表示当天棚外最低气温。

对模型进行回代检验，结果表明，模拟值与实测值平均绝对误差，晴天时为 1.24，多云时为 1.24，寡照时为 1.12，预报模型具有良好的拟合效果。

#### 4. 结论

1) 大棚内逐日最低气温始终高于棚外，且棚外气温越低时，棚内、外气温差异越大。每年 1 月份，大棚内、外的逐日最低气温平均差值最大，平均相差 16.3℃。

2) 根据大棚内、外气温的变化特征，针对不同天气条件筛选出与当天棚内最低气温显著相关的因子用于建模。采用逐步回归方法建立 3 种天气状况下日最低气温线性回归模型，均通过 0.01 水平的显著性检验。

3) 对模型进行回代检验，不同天气条件下的实测值和模拟值误差均在 1.1℃~1.3℃之间，说明该模型与实际情况拟合效果较好。

#### 参考文献

- [1] 孟翠丽, 杨文刚, 张淑娟, 等. 湖北省冬季设施火龙果最低气温变化特征及预报模型研究[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(24): 84-87.
- [2] 于盛楠, 闫立奇, 肖峰, 等. 不同天气背景下春季大棚小气候变化分析[J]. 农业现代化研究, 2010, 31(2): 254-256.
- [3] 梁称福, 陈正法, 李文祥, 等. 不同天气条件下南方温室内主要环境因子日变化规律研究[J]. 农业现代化研究, 2004, 25(3): 236-239.
- [4] 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.
- [5] 魏瑞江, 王春乙, 范增禄. 石家庄地区日光温室冬季小气候特征及其与大气候的关系[J]. 气象, 2010, 36(1): 97-103.
- [6] 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.