

# 气象条件对不同茬口设施西瓜雌花催化的研究

邵光灿<sup>1</sup>, 马英洁<sup>1</sup>, 王成玉<sup>1</sup>, 王晓立<sup>2</sup>, 袁静<sup>2</sup>, 赵华<sup>2</sup>, 吴冠楠<sup>1</sup>, 申雨欣<sup>1</sup>

<sup>1</sup>昌乐县气象局, 山东 潍坊

<sup>2</sup>潍坊市气象局, 山东 潍坊

收稿日期: 2024年9月30日; 录用日期: 2024年10月28日; 发布日期: 2024年11月6日

## 摘要

本文致力于通过气象条件对不同茬口设施西瓜雌花催化展开深入研究, 研究结果表明冬春茬设施西瓜雌花催化效果最为理想, 春夏茬次之, 夏秋茬位列其后。并且针对温度、日照时数、相对湿度、10 cm地温等至关重要的气象因素, 提出了适用于不同茬口设施西瓜的棚内气象要素调控技术以及生产管理技术。具体而言, 冬春茬设施西瓜雌花催化的适宜温度需保持在18°C~20°C的区间范围内, 每日光照时长适宜在7个小时左右, 10 cm地温宜控制在18°C~22°C, 相对湿度应维持在58%左右。与此同时, 在气象要素调控技术的有效干预下, 设施西瓜的第二雌花会在第一雌花脱落后的第七或第八片叶处孕育。

## 关键词

气象要素调控, 不同茬口西瓜, 雌花催化

# Research on Female Flower Catalysis of Facility Watermelon under Different Planting Periods Based on Meteorological Conditions

Guangcan Shao<sup>1</sup>, Yingjie Ma<sup>1</sup>, Chengyu Wang<sup>1</sup>, Xiaoli Wang<sup>2</sup>, Jing Yuan<sup>2</sup>, Hua Zhao<sup>2</sup>, Guannan Wu<sup>1</sup>, Yuxin Shen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Changle County Meteorological Bureau, Weifang Shandong

<sup>2</sup>Weifang Meteorological Bureau, Weifang Shandong

Received: Sep. 30<sup>th</sup>, 2024; accepted: Oct. 28<sup>th</sup>, 2024; published: Nov. 6<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

This article aims to conduct in-depth research on the catalytic effect of watermelon female flowers under different planting periods through meteorological conditions. The research results show that

文章引用: 邵光灿, 马英洁, 王成玉, 王晓立, 袁静, 赵华, 吴冠楠, 申雨欣. 气象条件对不同茬口设施西瓜雌花催化的研究[J]. 农业科学, 2024, 14(11): 1185-1192. DOI: 10.12677/hjas.2024.1411150

the winter and spring crop rotation facilities have the most ideal catalytic effect on watermelon female flowers, followed by the spring and summer crop rotation, and then the summer and autumn crop rotation. And in response to crucial meteorological factors such as temperature, sunshine hours, relative humidity, and 10 cm ground temperature, greenhouse meteorological element regulation techniques and production management techniques suitable for watermelons under different planting periods have been proposed. Specifically, the suitable temperature for catalyzing watermelon female flowers in winter and spring crop facilities should be maintained within the range of 18°C~20°C, with a suitable daily light duration of about 7 hours, a 10 cm ground temperature of 18°C~22°C, and a relative humidity of around 58%. At the same time, with the effective intervention of meteorological element regulation technology, the second female flower of facility watermelon will germinate at the seventh or eighth leaf after the first female flower falls off.

## Keywords

Meteorological Element Regulation, Watermelons under Different Planting Periods, Female Flower Catalysis

Copyright © 2024 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

西瓜作为重要的经济作物，在全球范围内广泛种植，雌花的形成是西瓜生长发育的关键阶段，直接影响着产量和品质。气象条件作为影响植物生长的重要外部因素，对西瓜雌花的催化具有显著作用，不同茬口的设施西瓜种植，由于季节和气候的差异，面临的气象挑战各不相同。近年来，虽然有人对影响西瓜生长的气象条件进行研究，但没有针对气象因素对各茬口设施西瓜雌花催化影响的研究。本文研究气象条件对不同茬口设施西瓜雌花催化的影响，主要通过对温度、日照时数、相对湿度、10 cm 地温等关键气象因素的监测与分析，结合设施农业技术，提出了针对性的管理策略。研究表明，适宜的气象条件能够显著促进西瓜雌花的形成，而不利的气象条件则可能导致雌花形成受阻，易出现旺长、雌花少、孕育晚等问题。对不同茬口设施西瓜实施温度调控、相对湿度控制、光照和地温管理等技术措施，可以有效优化设施内的微气候环境，为不同茬口西瓜雌花的催化提供理想条件，从而提高西瓜的产量和品质[1]。

## 2. 不同茬口设施西瓜种植的重要性

### 2.1. 满足市场需求

通过不同茬口的种植，可在不同季节都有西瓜产出，实现周年供应，满足消费者全年对西瓜的需求。无论是早春的新鲜瓜果需求，还是秋延季节对反季节水果的渴望，都能得到满足。还可以调节市场价格，不同茬口的西瓜错峰上市，避免了集中上市带来的价格竞争压力。例如，冬春茬西瓜由于上市早，价格通常较高，而夏秋茬西瓜在淡季上市也能获得较好的收益。

### 2.2. 提高经济效益

增加种植户收入，多茬口种植可以充分利用设施资源，提高土地利用率和产出率，从而增加种植户的经济收入，通过合理安排茬口，还可以降低生产成本，如减少病虫害防治费用、提高肥料利用率等。不同茬口的西瓜可以满足不同市场的需求，如本地市场、外地市场、高端市场等。种植户可以根据市场

需求调整种植计划, 拓展销售渠道, 提高产品的市场竞争力。

### 2.3. 优化资源利用

充分利用气候资源, 不同茬口可以根据不同季节的气候特点进行安排, 最大限度地利用日照、温度、相对湿度、地温等自然资源。例如, 冬春茬可以利用温度逐渐升高的优势, 促进西瓜生长; 春夏茬则可以利用夏季充足的光照和高温条件, 加快西瓜的生长速度。设施西瓜种植需要投入大量的资金建设大棚等设施, 通过不同茬口的种植, 可以充分发挥设施的作用, 提高设施的利用率, 降低投资成本。

### 2.4. 促进产业发展

推动技术创新, 不同茬口的设施西瓜种植需要不断探索新的种植技术和管理方法, 如品种选择、栽培模式、病虫害防治等。这将推动西瓜种植技术的创新和发展, 提高整个产业的技术水平。设施西瓜种植的发展还可以带动相关产业的发展, 如种子、农药、包装、运输等。这些产业的发展将为西瓜种植提供更好的支持和服务, 促进整个产业链协同发展。

## 3. 气象条件对不同茬口设施西瓜雌花催化的影响分析

### 3.1. 试验方案

昌乐县气象局自 2019 年开始, 连续 6 年开展暖棚西瓜观测与创新种植试验, 研究不同茬口循环种植的棚内气象调控技术和生产管理措施, 重点解决设施西瓜气候资源利用不充分、种植模式单一、棚内小气候调控技术不成熟等问题, 成功实现一年三茬循环种植, 助力农民增产增收, 取得显著服务效益。本次研究选取 11 期冬春茬设施西瓜观测数据, 3 期春夏茬设施西瓜观测数据, 1 期夏秋茬设施西瓜观测数据, 西瓜品种均为冰糖子, 通过灰色关联度分析, 确定设施西瓜雌花催化最优茬口, 作为提高不同茬口设施西瓜品质和产量的气象因素参考依据, 并总结不同茬口设施西瓜雌花催化气象调控技术。由于大棚内没有日照时数相关观测数据, 利用昌乐国家基本气象站观测数据代替。西瓜糖度选取成熟西瓜中心的糖度, 由手持折光糖度计测量。西瓜重量是西瓜成熟采摘时所称的重量。

### 3.2. 不同茬口设施西瓜雌花催化观测数据分析

利用灰色关联度分析, 将 11 期冬春茬、3 期春夏茬、1 期夏秋茬设施西瓜雌花催化期的平均温度、日照时数、10 cm 地温、相对湿度、重量、糖度作为比较序列  $D_i$ , 以参考温度、日照时数、10 cm 地温、相对湿度、重量、糖度等指标构成数列作为参考序列  $D_0$ , 确定品质最优的茬口。

#### 3.2.1. 进行初值化处理

采用均值化法对原始数据进行初值化处理, 得到标准化序列值(见表 1)。

Table 1. Initial value processing results of references

表 1. 参考序列  $D_0$  与比较序列  $D_i$  初值化处理结果

$D_0$	$D_1$	$D_2$	$D_3$
0.9439	0.8797	1.0080	1.1684
1.0000	1.0517	0.8621	1.0862
0.8981	0.8191	1.0146	1.2682
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.9848	0.9726	0.9848	1.0578
1.0012	1.0072	1.0227	0.9689

### 3.2.2. 获取绝对差值

利用表 1 数据求参考数列  $D_0$  与比较数列  $D_i$  的绝对差值  $\Delta D_i$ ，计算公式为： $\Delta D_i = |D_0 - D_i|$ 。绝对差值(见表 2)。

**Table 2.** Absolute difference between reference sequence  $D_0$  and comparison sequence  $D_i$

**表 2.** 参考序列  $D_0$  与比较序列  $D_i$  绝对差值

$D_1$	$D_2$	$D_3$
0.0641	0.0641	0.2245
0.0517	0.1379	0.0862
0.0790	0.1164	0.3701
0.0000	0.0000	0.0000
0.0122	0.0000	0.0729
0.0061	0.0215	0.0323

### 3.2.3. 求关联系数

经灰色关联度分析，将表 2 数据代入下列公式，求取参考序列  $D_0$  与比较序列  $D_i$  的关联系数。 $h$  表示分辨率，分辨率为 0.5。计算结果(见表 3)。

$$\beta_i = (\Delta_{min} + h\Delta_{max}) / (\Delta D_i + h\Delta_{max}) \quad (1)$$

**Table 3.** Correlation coefficient between reference sequence  $D_0$  and comparison sequence  $D_i$

**表 3.** 参考序列  $D_0$  与比较序列  $D_i$  的关联系数

$D_1$	$D_2$	$D_3$
0.0641	0.0641	0.2245
0.0517	0.1379	0.0862
0.0790	0.1164	0.3701
0.0000	0.0000	0.0000
0.0122	0.0000	0.0729
0.0061	0.0215	0.0323

### 3.2.4. 求得关联度

将表 3 数据代入下列公式求得关联度(见表 4)。

$$Y_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \beta_i \quad (2)$$

**Table 4.** Correlation between winter and spring observation periods of facility watermelons

**表 4.** 冬春茬设施西瓜各观测期的关联度

气象要素	关联度	排序
冬春茬	0.8553	1
春夏茬	0.8042	2
夏秋茬	0.6727	3

根据表 4 冬春茬、春夏茬、夏秋茬设施西瓜雌花催化期关联度,得出冬春茬设施西瓜雌花催化最优,春夏茬次之,再是夏秋茬。

## 4. 不同茬口设施西瓜雌花催化气象要素调控

### 4.1. 不同茬口温度调控技术

#### 4.1.1. 冬春茬温度调控技术

冬春茬设施西瓜雌花催化期主要在 12 月份,天气寒冷,在此期间寒潮频繁,设施内的温度调控成为影响雌花形成的关键因素。在寒潮来临前,要提前缓慢降低白天温度,适当提高夜间温度,使植株有一个适应过程,减轻低温对植株的伤害。设施内最低气温不低于 10℃,否则西瓜正常生长会受到抑制[2],雌花将不易催化或第一雌花脱落时,可通过人工加热(燃烧植物油)、保温材料(塑料薄膜、保温被)的使用,使设施内温度在寒冷季节保持适宜的 18℃~20℃区间内,有利于设施西瓜雌花催化,并在第一雌花后第七或第八个叶孕育第二雌花。

#### 4.1.2. 春夏茬温度调控技术

春夏茬设施西瓜雌花催化期在 5 月份,这时随着气温的上升和昼夜温差拉大,西瓜植株的新陈代谢活动增强,从而有利于雌花的发育,适宜的温度不仅加速了植株的生长周期,还提高了雌花的比例,种植户进一步利用春季温度变暖的优势,促进雌花的形成,但棚内白天温度不能高于 35℃[3],不然易出现旺长,雌花催化受阻,雌花数量减少等问题。这时种植户需要采取喷雾降温、遮阳网覆盖、灌溉降温等措施,以缓解高温对雌花形成的负面影响。种植户还需格外关注夜间气温的变化,灵活运用保温与降温技术,确保设施内温度始终处于适宜西瓜生长的范围内[4]。

#### 4.1.3. 夏秋茬温度调控技术

夏秋茬设施西瓜雌花催化主要集中在 9 月份,随着秋季的到来,日间温度逐渐降低,夜晚温度更为凉爽,这种温差有利于西瓜植株的生长和雌花催化。然而,温度下降过快或过低可能会抑制雌花的形成,导致花芽发育不良。因此,种植户需适时采取保温措施,如覆盖地膜、使用温室等,以维持适宜的生长温度,促进雌花的健康催化。通过精细的温度管理,夏秋茬西瓜雌花催化夜间温度不应低于 18℃,有利于提高雌花的数量和质量,为丰收创造有利条件。

### 4.2. 不同茬口光照调控技术

#### 4.2.1. 冬春茬光照调控技术

冬春茬设施西瓜生长过程中,雌花催化时期仍在冬季,面临着光照时间短、光照强度弱等问题,光照不足,会对西瓜生长造成明显的不利影响[5],尤其是连阴雨雪天气时,寡照无法满足设施西瓜正常生长,影响雌花催化。因此,在冬春茬设施栽培中,需要通过人工调控光照时间来诱导雌花的催化。在雌花催化阶段,植株需要足够的营养来支持雌花原基的形成和发育。光照不足会导致光合作用效率降低,植株生长缓慢,营养积累不足,从而影响雌花的催化质量和数量。在冬春茬设施西瓜栽培中,常用的补光光源有白炽灯、荧光灯、LED 灯等。补光时间一般选择在早晨或傍晚自然光照不足时进行。在冬春季节,根据当地的日出日落时间和实际光照情况,合理确定补光时长。通常情况下,每天补光 2~4 小时为宜,每天光照宜在 7 个小时左右。

#### 4.2.2. 春夏茬光照调控技术

春夏茬设施西瓜雌花催化时期在春季尾期,光照时间日益递增,强光照虽然有利于光合作用的进行,



提供充足的能量，但长时间的直射光照可能会引起叶片灼伤，影响植株的正常生理功能，需防范光照过强造成的伤害[6]。种植户可根据西瓜的生长阶段和外界光照条件，通过遮光技术，使每天的光照时间控制在 6~10 小时左右较为适宜，如设置遮阳网或使用反光材料，可以减少直射光照，防止叶片灼伤，保护植株的正常生理功能，有利于雌花的健康发育。遇到连续阴雨天气或光照严重不足的情况时，可采用人工补光的方式来满足植株的光照需求。

#### 4.2.3. 夏秋茬光照调控技术

夏秋茬设施西瓜雌花催化期主要在 8 月下旬至 9 月上旬，在夏秋季节，光照强度往往过高，对西瓜雌花催化产生不利影响，此时可采用遮阳网进行遮阳处理。一般选择遮光率在 30%~50% 的遮阳网，遮阳网的覆盖时间也需合理安排，一般在上午 10 点至下午 4 点左右光照最强的时段进行覆盖，避免全天覆盖影响光合作用。同时，要注意及时揭去遮阳网，以保证植株在早晨和傍晚能充分接受光照。当出现连阴雨天时，一般可在每天傍晚或清晨光照不足时进行补光，补光时间根据实际光照情况和植株生长需求而定。

### 4.3. 不同茬口相对湿度调控技术

#### 4.3.1. 冬春茬相对湿度调控技术

相对湿度过高或过低都会对西瓜雌花催化产生不利影响。高湿环境下，花粉容易吸湿结团，活力降低，传播和授粉困难，可能导致雌花催化延迟或质量下降，雌花数量减少且发育不良。低湿环境则会花粉过于干燥，萌发率下降，影响授粉受精效果，进而导致坐果率降低，不利于雌花的形成。进入雌花催化期，适宜的相对湿度(57%~58%) [7]，对花粉的活力和授粉过程有重要影响。12 月为冬季，在天气晴朗、气温较高的白天时段，应及时进行自然通风，使室内外空气流通，排出湿气，降低相对湿度。通风时间和通风量要根据外界气温和室内湿度情况灵活掌握，一般通风 1~2 小时，可使湿度下降 5%~10%。当室内相对湿度达到 80% 以上时，可适当延长通风时间，但要注意避免通风过度导致温度过低对植株造成伤害，湿度过高可能导致病害的滋生，抑制雌花的形成[8]。

#### 4.3.2. 春夏茬相对湿度调控技术

春夏茬设施西瓜雌花催化期在 5 月份，气温逐渐升高，棚内相对湿度增大，植株蒸腾作用减弱，易导致根系缺氧，影响养分吸收，同时植株生长旺盛，营养生长过盛，不利于雌花的形成和催化。高湿环境容易引发多种病害，如白粉病、炭疽病等，这些病害会直接危害西瓜植株的生长和雌花的发育。而低湿环境则可能导致蚜虫、红蜘蛛等害虫滋生，间接影响雌花的催化。因此，通过合理调控相对湿度，可以在一定程度上减少病虫害的发生，为雌花的催化创造良好的生态环境。春夏季节，自然通风是调节设施内相对湿度的重要手段之一，根据天气情况和设施内的湿度状况，及时打开通风口，如顶通风、侧通风等，使室内外空气流通，排出湿气，降低相对湿度。通风时间一般在上午气温升高后逐渐打开通风口，下午气温降低前适时关闭。

#### 4.3.3. 夏秋茬相对湿度调控技术

在白天，由于气温较高，设施内的水分蒸发较快，相对湿度容易下降。此时，相对湿度应控制在 50%~63% 为宜，这个湿度范围既能满足西瓜植株正常的蒸腾作用和光合作用需求，保证植株的水分平衡和养分吸收，又能防止因湿度过低导致的叶片失水和生长不良等问题。同时，适宜的相对湿度也有利于抑制病虫害的发生和传播，为西瓜植株创造一个相对健康的生长环境。夏秋季节，应充分利用自然通风来调节设施内的相对湿度，根据天气情况和设施内的湿度状况，及时打开通风口，如顶通风、侧通风等，使室内外空气流通，排出湿气，降低相对湿度。

## 4.4. 不同茬口地温调控技术

### 4.4.1. 冬春茬 10 cm 地温调控技术

冬春茬设施西瓜雌花面临着低温环境的挑战,合理调控地温是确保冬春茬西瓜优质高产的关键环节之一。适宜的地温能够促进西瓜植株生长激素的平衡,有利于雌花的形成。当土壤温度过低时,植株生长缓慢,新陈代谢减弱,雌花数量减少,且质量下降,可能出现雌花发育不良或畸形的情况。地温还影响雌花的质量,包括花蕊的发育、子房的大小等。地温不适宜可能导致雌花授粉困难,影响坐果率。进入雌花催化期,地温需控制在 18℃~22℃。在这个温度区间内,植株体内的激素平衡有利于雌花的正常催化和发育,能够提高雌花的数量和质量,提高坐果率。当土壤温度低于设定的下限温度时,在设施外部,覆盖保温棉被等保温材料,可有效减少热量散失,一般在夜间或气温较低时覆盖,白天揭开,以保证充足的光照。同时,在设施内部,可采用多层覆盖的方式,如在地面覆盖地膜,提高土壤温度,在植株上方搭建小拱棚,覆盖塑料薄膜,进一步增加空气温度和地温,也可及时启动增温设备。

### 4.4.2. 春夏茬 10 cm 地温调控技术

在春夏茬设施西瓜雌花催化中,地温以 20℃~22℃为宜。如果地温过低,雌花催化数量减少,且质量下降;地温过高则会导致雌花节位升高,植株易出现旺长现象,不利于坐果和果实的发育。在播种或移栽前,地面覆盖地膜是提高地温的常用方法之一,地膜具有良好的保温和保墒作用,能够减少土壤热量的散失,提高土壤温度,一般选择无色透明聚乙烯地膜,厚度为 0.007~0.013 毫米,地膜覆盖要紧贴地面,四周用土压实,防止透气和热量散失。在设施内,可以搭建小拱棚进行双层覆盖,进一步提高地温,小拱棚一般用竹片或钢筋做成拱形骨架,上面覆盖塑料薄膜。在白天温度较高时,可适当揭开小拱棚两端的薄膜通风,调节温度和湿度;夜间则要及时覆盖,保持地温。当外界气温稳定升高后,可逐渐拆除小拱棚。

### 4.4.3. 夏秋茬 10 cm 地温调控技术

夏秋茬设施西瓜雌花催化在 8 月下旬至 9 月上旬,白天设施内温度较高,地温也容易上升。为了保证西瓜植株的正常生长和雌花催化,地温应控制在 20℃~24℃左右,这个温度范围有利于植株的光合作用和养分吸收,同时也不会因过高的地温对根系造成伤害。因此,此阶段降低地温尤其重要,可在设施顶部覆盖遮阳网是降低地温的有效措施之一。选择遮光率适宜的遮阳网,根据当天的光照强度和气温情况进行调整。在上午气温升高后及时展开遮阳网,下午气温降低后适时收起,避免过度遮阳影响光合作用。遮阳网可以阻挡部分阳光直射,减少土壤吸收的热量,从而降低地温。通过打开设施的通风口将设施内的热量排出,从而降低地温。在高温天气下,仅靠自然通风可能无法满足降温需求,此时可以采用强制通风设备,如排风扇、风机等,增加通风量,加快空气流动,迅速降低设施内的温度和地温。

## 5. 结论

本研究聚焦于温度、日照时数、相对湿度、10 cm 地温等气象要素对不同茬口设施西瓜雌花催化的影响分析,得出冬春茬设施西瓜雌花催化最优,春夏茬次之,再是夏秋茬,还总结分析针对不同茬口设施西瓜雌花催化的有效管理策略,为实际生产提供可操作性指导方案,更加具体且有针对性,也弥补了在此方面研究的空白。未来将继续关注气象条件变化,不断优化管理技术以适应不断变化的市场需求和气候挑战,为西瓜产业可持续发展贡献力量,具有更强的前瞻性和适应性。

## 参考文献

- [1] 朱宏华,高敏,何洁,宋喜芳,孙升学,耿腾飞.小果型西瓜新品种西彩 1 号的选育[J].中国蔬菜,2023(12):102-104+131.

- [2] 马英洁, 张爱玲, 吴冠楠, 等. 基于灰色关联分析的温度对不同播期西瓜品质的影响[J]. 农业科学, 2022, 12(8): 679-684.
- [3] 马英洁, 张爱玲, 臧海光, 吴冠楠, 谭云霄, 王成玉. 冬暖式大棚西瓜品质与气象因素的相关性分析[J]. 农业科技通讯, 2020(9): 85-91.
- [4] 徐荣玲. 西瓜两性花关键基因的精细定位及分子标记辅助选择体系建立[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2023.
- [5] 王二虎, 孙欣. 西瓜产量与气象因素的灰色关联度分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(15): 8636-8638.
- [6] 杨滨齐, 达海莉, 于蓉, 马春辉. 设施西瓜蜜蜂授粉技术[J]. 宁夏农林科技, 2023, 64(5): 79.
- [7] 邵光灿, 马英洁, 王成玉, 赵华, 吴冠楠, 申雨欣. 设施西瓜雌花催化的气象要素调控研究[J]. 农业科学, 2024, 14(8): 837-847.
- [8] 刘季扬. 西瓜高亲和力和磷高效利用砧木的筛选[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业科学院, 2023.