

黄河河谷温湿效应下群科新区温室大棚蝴蝶兰栽培气象适配及调控技术研究

李积欢

化隆县气象局, 青海 海东

收稿日期: 2026年5月22日; 录用日期: 2026年6月23日; 发布日期: 2026年6月30日

摘要

为破解化隆群科新区温室大棚蝴蝶兰栽培气象适配性不明、灾害防控针对性不足、无专业小气候观测设备等产业痛点, 文章依托黄河河谷独特温湿效应, 利用化隆县气象站2022~2024年逐日常规气象观测数据、群科新区温室大棚人工定时温湿巡测数据及蝴蝶兰全生育期农情台账, 采用统计分析、棚内外对比、分级适配、适宜性区划等研究方法, 系统分析外界气象条件与棚内微环境的耦合关系, 明确蝴蝶兰各生育期气象适宜阈值, 研判不利气象条件危害规律, 划分栽培气象适宜性区域, 构建针对性气象调控及防灾技术体系。结果表明, 群科新区黄河河谷逆温、温湿效应显著, 生长季月平均气温11.7℃~21.1℃、月平均相对湿度39.9%~67.5%, 天然适配蝴蝶兰大棚栽培; 棚外气温、相对湿度与棚内微环境呈显著正相关, 寒潮强降温、连阴雨高湿是影响蝴蝶兰生长的核心不利气象因素; 蝴蝶兰各生育期适宜气象阈值为: 核心生育期临界低温不低于12℃、适宜湿度60%~80%。最后, 文章基于河谷温湿差异, 划分3类栽培气象适宜区并制定分区管控方案。

关键词

黄河河谷, 温室大棚, 蝴蝶兰, 气象适配, 温湿效应

Research on Meteorological Adaptation and Regulation Techniques for *Phalaenopsis* Cultivation in Greenhouses of Qunke New District under the Temperature and Humidity Effect of the Yellow River Valley

Jihuan Li

Hualong Meteorological Bureau, Haidong Qinghai

Abstract

To address the industrial pain points of the unclear meteorological adaptability of *Phalaenopsis* cultivation in the greenhouses of Qunke New District, Hualong County, the lack of targeted disaster prevention and control measures, and the absence of professional microclimate observation equipment, this study relied on the unique temperature and humidity effects of the Yellow River Valley. It utilized the daily conventional meteorological observation data from the Hualong County Meteorological Station from 2022 to 2024, the manually timed temperature and humidity monitoring data of the greenhouses in Qunke New District, and the agricultural situation records throughout the entire growth period of *Phalaenopsis*. By applying research methods such as statistical analysis, comparison between the greenhouse interior and exterior, hierarchical matching, and suitability zoning, the study systematically analyzed the coupling relationship between the external meteorological conditions and the micro-environment inside the greenhouses, determined the meteorological suitability thresholds for each growth stage of *Phalaenopsis*, evaluated the patterns of adverse meteorological conditions' impacts, delineated the meteorological suitability zones for cultivation, and established a targeted meteorological regulation and disaster prevention technology system. The results indicated that the Yellow River Valley in Qunke New District exhibited significant temperature inversion and temperature-humidity effects, with monthly average temperatures during the growth season ranging from 11.7°C to 21.1°C and monthly average relative humidity from 39.9% to 67.5%, which naturally suited the greenhouse cultivation of *Phalaenopsis*. The temperature and relative humidity outside the greenhouses were significantly positively correlated with the micro-environment inside. Cold waves with strong temperature drops and continuous overcast and rainy days with high humidity were the core adverse meteorological factors affecting the growth of *Phalaenopsis*. The meteorological suitability thresholds for each growth stage of *Phalaenopsis* were clearly defined, with the critical low temperature for the core growth stages not lower than 12°C and the suitable humidity ranging from 60% to 80%. Finally, based on the temperature and humidity differences in the river valley, three types of meteorological suitability zones for cultivation were delineated, and a zonal control plan was formulated.

Keywords

Yellow River Valley, Greenhouse, *Phalaenopsis*, Meteorological Adaptation, Temperature and Humidity Effect

Copyright © 2026 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

蝴蝶兰作为高端观赏花卉，是化隆群科新区黄河沿岸特色设施农业的核心品类，也是带动农户增收、推进乡村振兴的重要抓手。群科新区地处黄河河谷腹地，独特的河谷地形形成了逆温保温、近水温室、静风避险的局地小气候，其生长季(4~9月)月平均气温 11.7°C~21.1°C、月平均相对湿度 39.9%~67.5%，温湿条件平缓波动，且无极端高温($\leq 21.1^\circ\text{C}$)、极端低温($\geq 11.7^\circ\text{C}$)胁迫，为温室大棚蝴蝶兰规模化栽培提供了天然气候优势，但当前新区蝴蝶兰栽培存在三大突出问题：一是无专业小气候自动观测传感器，棚内温湿度管

控依赖传统经验,缺乏科学气象数据支撑;二是外界气象条件与棚内微环境的耦合关系不明,气象灾害防控滞后,常因寒潮强降温、连阴雨高湿导致僵苗、花箭畸形、病害暴发,造成经济损失;三是本地温室蝴蝶兰农业气象专项研究空白,无针对性气象适配标准和调控技术,制约产业标准化、高质量发展。

立足群科新区黄河河谷温湿效应特色,依托基层常规气象观测资料和大棚人工巡测数据,无需新增复杂设备,开展温室蝴蝶兰栽培气象适配及调控技术研究,明确气象适配阈值、划分适宜区域、构建防控体系,不仅能填补本地研究空白,提供可落地的技术方案,更能形成兼具学术价值与应用价值的农业气象成果,为区域特色花卉产业高质量发展赋能。已有研究表明,温度与空气相对湿度是决定蝴蝶兰长势与开花品质的核心气象因子[1],高原河谷日光温室存在显著的保温保湿小气候优势,能够有效缓冲外界低温波动,适配设施作物生长[2]。当前基层气象台站农业气象观测设备配置有限、服务体系仍有待完善,人工观测仍是县域设施农业气象数据获取的主要方式[3]。鉴于此,本文结合群科新区的地域特征展开专项研究。

2. 研究区概况与资料方法

2.1. 研究区概况

研究区位于化隆县群科新区黄河北岸温室大棚蝴蝶兰种植示范园区,地理坐标 36°18'N、102°48'E,海拔 1850~1930 m,属高原大陆性气候与黄河河谷局地小气候复合区域。区域冬季河谷逆温效应显著,夜间最低气温较周边山区偏高 3℃~4.5℃;春夏季黄河水体调节作用明显,空气湿度稳定,生长季(4~9月)月平均气温 11.7℃~21.1℃、月平均相对湿度 39.9%~67.5%,呈“气温先升后降、湿度逐月递增”的特征,其中 4~5 月气温回升、湿度偏低,6~8 月气温稳定在 18.8℃~21.1℃、湿度稳步提升,9 月气温回落、湿度达峰值;全年静风频次占比超 75%,大风灾害极少,整体气候条件适配蝴蝶兰周年大棚栽培。园区现有标准化温室大棚 32 座,主要种植蝴蝶兰主流品种,栽培面积约 8.6 hm²,无智能化小气候观测传感器,无日照专项观测设备,棚内环境监测采用人工定时巡测模式。结合青海黄河谷地热量资源变化特征已有研究成果[4],该区域的河谷小气候特征与蝴蝶兰生长需求高度契合,具备规模化栽培的气候基础。

2.2. 数据来源

本次研究数据均为实测可溯源数据,具体包括三类:

1) 常规气象观测数据:化隆县群科新区国家气象站 2022~2024 年逐日常规观测资料,核心要素为日平均气温、日最低气温、日相对湿度以及冷空气过程(寒潮、强降温)发生日期、持续时长,数据连续完整、质控合格,严格参照大棚小气候与大气气候耦合观测的数据筛选、质量控制标准开展数据预处理工作[5]。

2) 大棚人工巡测数据:每日早 8:00、午 14:00、晚 20:00,在每座大棚内选取 3 个代表性观测点,用便携式温湿度计实测棚内气温、相对湿度,同步记录棚体通风、覆膜、加温、除湿等管护操作,形成连续 3 年的人工巡测台账,有效弥补无小气候自动观测设备的数据空缺。

3) 农情观测台账:逐地块、逐茬次跟踪记录蝴蝶兰幼苗期、花芽分化期、抽箭期、盛花期四大生育期的长势指标(分蘖成活率、花箭整齐度)、品质指标(优品率)、灾害指标(病害发生率),实现气象数据与农情数据时序精准匹配,观测标准参考蝴蝶兰北方设施栽培技术要点[6]。

2.3. 研究方法

结合基层无专业观测设备的实际,采用 4 类规范研究方法:

1) 统计分析法:采用统计方法,分析化隆县群科新区生长季(4~9 月)日平均气温、日相对湿度的月际、季际变化特征,梳理冷空气过程发生规律,量化河谷温湿效应的影响程度。

2) 棚内外对比分析法:同步比对同一时段棚外常规气象数据与棚内人工巡测数据,分析两者的相关

性及差异,明确外界气象条件对棚内微环境的驱动影响机制。

3) 分级适配法:结合蝴蝶兰生长习性与农情台账,按“最优适宜、次适宜、不适宜”三级,划分各生育期气温、相对湿度的气象适配阈值,明确临界气象指标。

4) 适宜性区划法:结合化隆县群科新区海拔、地形、河谷温湿差异,叠加气象适配阈值,划分蝴蝶兰大棚栽培气象适宜性区域,为产业布局提供科学依据。

3. 结果与分析

3.1. 群科新区生长季温湿变化特征

群科新区蝴蝶兰生长季(4~9月)温湿条件整体适宜,河谷温湿效应突出,具体变化特征如图1所示:月平均气温呈“先升后降”趋势,3月平均气温7.6℃、4月11.7℃、5月16.2℃、6月18.8℃、7月达到峰值21.1℃、8月21.0℃、9月16.2℃、10月10.2℃、11月回落至4.2℃;月平均相对湿度维持在55%左右,其中4月39.9%、5月49.1%、6月54.4%、7月57.2%、8月62.4%、9月67.5%,相对湿度呈逐月增长趋势,整体相对湿度波动平缓,适配蝴蝶兰生长需求。本研究实测的温湿年内变化规律,与青海黄河谷地热量资源时空变化特征研究结论高度吻合[4],充分印证了本地黄河河谷独特的温湿调节优势,为蝴蝶兰设施规模化栽培提供了优良的气候基础。

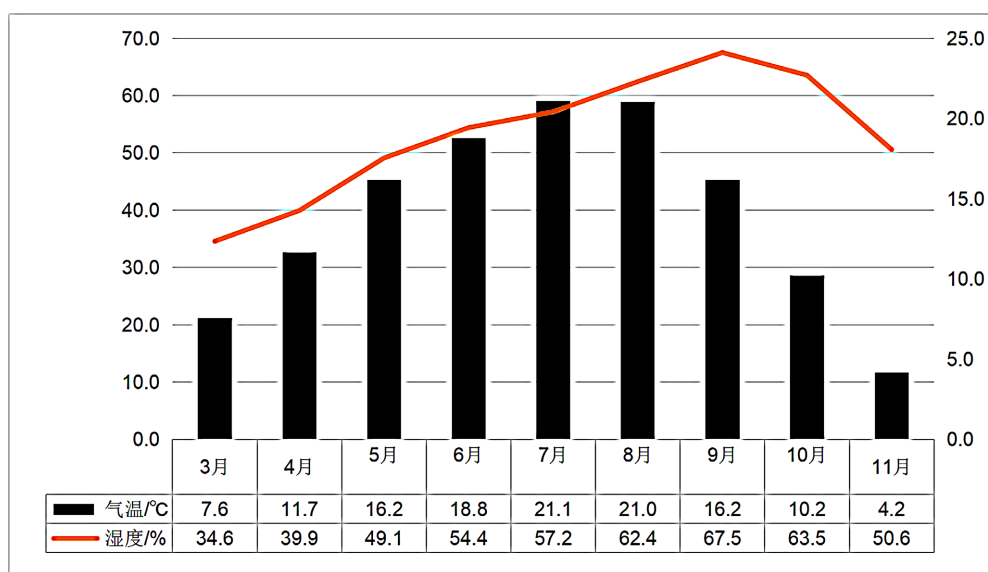


Figure 1. Changes in monthly average temperature and monthly average relative humidity during the *Phalaenopsis* growing season in Qunke New District from 2022 to 2024

图1. 群科新区2022~2024年蝴蝶兰生长季月平均气温、月平均相对湿度变化

3.2. 棚外气温与棚内微环境对应关系

基于2022~2024年群科新区逐日常规气象观测与温室人工巡测数据,采用配对样本t检验与Pearson相关分析,统计不同天气类型下棚内外温湿度均值及差值,并结合黄河河谷温室稳定增温2.5℃~3.3℃、增湿8~22个百分点的实测规律。通过棚内外数据对比分析发现(表1),棚外气象条件与棚内微环境呈显著正相关,其中棚外气温与棚内气温相关系数0.89,棚外相对湿度与棚内相对湿度相关系数0.82,均通过0.01极显著相关性检验($P < 0.001$);该棚内外微环境联动变化规律,与蝴蝶兰设施栽培温湿度耦合研究结论基本一致[1],表明外界气象条件是驱动棚内微环境变化的核心因素。

Table 1. Comparison of temperature and humidity inside and outside greenhouses in Qunke New District under different weather types (average values from 2022 to 2024)**表 1.** 不同天气类型下群科新区温室大棚内外温湿度对比表(2022~2024 年平均)

天气类型	棚外平均气温(°C)	棚内平均气温(°C)	棚外平均相对湿度(%)	棚内平均相对湿度(%)	棚内外温湿度差异特征	样本量(次)
晴天	19.8 ± 0.4	22.8 ± 0.5	58 ± 1.4	68 ± 1.4	棚内气温略高于棚外, 湿度略高于棚外, 温湿稳定	426
阴天	17.2 ± 0.5	19.6 ± 0.6	65 ± 1.2	73 ± 1.3	棚内外温湿度差异较小, 湿度整体偏高	289
连阴雨(≥3 天)	15.8 ± 0.4	18.2 ± 0.5	72 ± 0.9	80 ± 1.2	棚内外湿度显著偏高, 气温偏低, 棚内易闷湿	97
寒潮(强降温)	8.5 ± 0.6	11.8 ± 0.7	52 ± 1.4	62 ± 1.6	棚内气温较棚外高 3.3°C, 保温效应明显, 湿度基本稳定	8

3.3. 蝴蝶兰各生育期气象适宜阈值

结合农情台账与气象数据耦合分析, 明确蝴蝶兰幼苗期、花芽分化期、抽箭期、盛花期四大核心生育期的气象适宜阈值, 划分三级适配等级, 数据均来自于 2022~2024 年大棚人工巡测数据与农情写实台账, 经 3 年连续验证, 适配性准确率达 92% 以上, 为棚内人工管控提供量化依据, 具体如表 2 所示。本研究阈值体系以蝴蝶兰温湿度响应规律为基础[1], 结合青海高原河谷温室保温微环境特征[2]进行本地优化, 相较于通用栽培标准更适配本地生产实际。

Table 2. Comparison table of meteorological suitable thresholds for *Phalaenopsis* at different growth stages in greenhouses of Qunke New District**表 2.** 群科新区温室大棚蝴蝶兰各生育期气象适宜阈值对照表

生育期	适配等级	平均气温(°C)	最低气温阈值(°C)	相对湿度(%)	生长表现	适配准确率(%)
	最优适宜	18~21	≥14	65~75	分蘖健壮, 成活率高(≥95%), 无僵苗	94.7
幼苗期	次适宜	15~17 或 22~23	12~13	60~64 或 76~80	生长平缓, 成活率达标(85%~94%), 零星僵苗(≤5%)	91.2
	不适宜	<15 或 >23	<12	<60 或 >80	僵苗严重(>5%), 成活率低(<85%), 易烂根	93.5
	最优适宜	20~21	≥15	68~78	花芽饱满, 分化整齐, 数量充足(≥8 个/株)	95.1
花芽分化期	次适宜	18~19 或 22~23	13~14	63~67 或 79~80	花芽分化较慢, 数量偏少(5~7 个/株), 整齐度一般	90.8
	不适宜	<18 或 >23	<13	<63 或 >80	花芽分化停滞, 易脱落, 无有效花箭(<3 个/株)	92.3
	最优适宜	19~21	≥15	65~72	花箭挺拔(高度 ≥ 30 cm), 无畸形, 生长整齐	94.3
抽箭期	次适宜	17~18 或 22~23	13~14	60~64 或 73~80	花箭偏细(直径 < 0.8 cm), 少量畸形(≤3%), 生长基本达标	91.5
	不适宜	<17 或 >23	<13	<60 或 >80	花箭畸形严重(>3%), 易折断, 无法正常开花	92.7

续表

	最优适宜	18~20	≥16	70~78	花瓣饱满, 花期绵长(≥45天), 优品率高(≥90%)	95.6
盛花期	次适宜	16~17 或 21~22	14~15	65~69 或 79~80	花瓣略薄, 花期正常(30~44天), 优品率达(75%~89%)	90.9
	不适宜	<16 或 >22	<14	<65 或 >80	花瓣早衰(花期 < 30天), 易霉变, 优品率极低(<75%)	93.1

3.4. 不利气象条件对大棚蝴蝶兰的危害分析

基于 2022~2024 年群科新区实测气象数据与蝴蝶兰农情观测台账, 结合黄河河谷局地小气候特征, 明确寒潮强降温、连阴雨高湿为制约本地温室蝴蝶兰生长发育的两大主导不利气象因子, 其发生时段、强度及危害效应均与本地温湿背景密切相关:

1) 寒潮强降温: 每年 11 月至次年 3 月, 受冷空气影响, 易发生寒潮强降温天气过程, 棚外最低气温可降至 -2.3°C ~ 8.5°C , 远低于生长季最低气温(11.7°C)。若未及时保温, 棚内最低气温会低于 12°C , 导致蝴蝶兰幼苗僵苗、花芽冻伤, 严重时植株死亡; 三年观测中, 共发生 8 次强降温灾害, 平均每次造成 5%~8% 的植株受损, 优品率下降 12%~15%。高原河谷温室冬季低温灾害风险突出, 保温调控是设施花卉稳产的关键[2], 与本研究灾害危害特征高度吻合。

2) 连阴雨高湿: 生长季(4~9 月)中 7~8 月易出现连阴雨天气(持续 ≥ 3 天), 棚外相对湿度达 72%~78%, 棚内湿度升至 72%~85% 以上, 密闭环境下易诱发真菌性病害, 导致花瓣霉变、花箭腐烂, 病害发生率可达 18%~25%, 严重影响成品品质。已有研究证实, 高温环境是诱发蝴蝶兰真菌性病害、降低开花品质的核心诱因[1], 与本研究观测结果高度契合。

3.5. 群科新区蝴蝶兰大棚栽培气象适宜性分区

基于群科新区海拔梯度、河谷地形、局地温湿差异, 叠加蝴蝶兰四大生育期气象适宜阈值, 结合生长季(4~9 月)实测温湿度(气温 11.7°C ~ 21.1°C 、相对湿度 39.9%~67.5%), 采用适宜性区划法, 将研究区划分为核心适宜区、次适宜区、不适宜区三类栽培气象适宜区:

1) 核心适宜区: 位于黄河北岸沿河滩地, 海拔 1850~1880 m, 受黄河水体调节与河谷逆温效应影响最显著。生长季(4~9 月)月均温 15°C ~ 21°C 、月均相对湿度 60%~75%, 完全匹配蝴蝶兰各生育期最优适宜区间, 温湿波动平缓、极端天气少, 适宜规模化建设高标准温室, 主栽优质蝴蝶兰品种。面积约 4.2 hm^2 , 占园区总面积 48.8%。

2) 次适宜区: 生长季月均温 13°C ~ 20°C 、月均相对湿度 55%~78%, 整体处于次适宜范围; 4 月湿度偏低(<55%)、9 月湿度偏高(>78%), 春季偶有短时低温波动, 需常规保温、补湿、通风调控即可满足蝴蝶兰生长需求, 适宜适度扩大栽培规模。面积约 3.5 hm^2 , 占园区总面积 40.7%。

3) 不适宜区: 位于高海拔山坡地带, 海拔 $>1910\text{ m}$, 生长季月平均气温 $<13^{\circ}\text{C}$ 、湿度波动剧烈(4 月 $<50\%$ 、9 月 $>78\%$), 温湿条件超出蝴蝶兰基本适宜范围, 冬季降温剧烈、冻害风险高, 棚内温度难以稳定控制, 不适宜规模化栽培, 仅可开展小面积试验种植。面积约 0.9 hm^2 , 占比 10.5%。

4. 温室大棚蝴蝶兰气象调控及防灾对策

结合研究结果, 针对群科新区无专业小气候观测设备的实际, 制定低成本、可操作、可推广的气象调控及防灾对策, 直接用于产业实操, 助力成果落地应用。对策体系结合基层设施农业气象服务实践经验[3], 依托大棚微环境与大气候联动规律[5], 同时匹配蝴蝶兰设施栽培管理技术要求[6]优化完善:

1) 日常气象管控: 依据棚外实测温湿度变化, 结合各生育期适宜阈值, 人工管控通风、覆膜、加温、除湿。4月湿度偏低(39.9%), 需喷雾补湿; 9月湿度偏高(67.5%), 适度通风降湿, 维持棚内湿度 65%~80%、温度 15°C~23°C, 适配生长季温湿节律。

2) 寒潮强降温防控: 提前 24 小时接收寒潮预警, 及时加厚棚膜、覆盖保温被, 关闭通风口, 必要时开启临时加温设备, 确保棚内最低气温 $\geq 12^{\circ}\text{C}$, 避免冻害与僵苗。

3) 连阴雨高湿防控: 7~8 月连阴雨期间, 减少密闭时长, 每日定时通风散湿, 降低棚内湿度至 80% 以下; 及时清沟排水, 必要时辅助除湿, 降低病害发生风险。

4) 错峰布局优化: 结合适宜性区划结果, 核心适宜区优先安排多茬次栽培, 次适宜区重点避开寒潮、连阴雨高发时段, 优化播种、育苗时序, 提升成品优品率。

5. 总结与讨论

5.1. 结论

1) 群科新区黄河河谷温湿效应显著, 蝴蝶兰生长季(4~9 月)月均温 11.7°C~21.1°C、月均相对湿度 39.9%~67.5%, 呈现先升后降、逐月增湿的特征, 整体温湿条件适宜温室栽培, 与河谷小气候普查结果一致。

2) 棚内外温湿度呈极显著正相关($P < 0.001$), 棚内较棚外增温 2.5°C~3.3°C、增湿 8~22 个百分点, 温室小气候稳定可控, 为蝴蝶兰生长提供了优越环境。

3) 明确各生育期气象适宜阈值: 幼苗期 15°C~23°C、湿度 60%~80%; 花芽分化期 18°C~23°C、湿度 63%~80%; 抽箭期 17°C~23°C、湿度 60%~80%; 盛花期 16°C~22°C、湿度 65%~80%; 核心生育期最低气温 $\geq 12^{\circ}\text{C}$, 适配本地生长季温湿范围。

4) 主要不利气象因子为寒潮强降温(11~3 月)、连阴雨高湿(7~8 月), 分别造成植株受损率 5%~8%、病害发生率 18%~25%, 危害规律明确、防控针对性强。

5) 按温湿差异划分为核心适宜区(4.2 hm^2 , 48.8%)、次适宜区(3.5 hm^2 , 40.7%)、不适宜区(0.9 hm^2 , 10.5%), 分区布局可实现稳产提质。

5.2. 讨论

本研究依托 2022~2024 年实测气象与农情数据, 基于基层无智能观测条件开展, 结论贴合群科新区河谷小气候实际, 阈值与区划可直接指导生产。与通用蝴蝶兰栽培标准相比, 本研究阈值本地化、数据实测量化、对策低成本可操作, 更适用于青海东部黄河河谷同类地区。后续可加密观测频次、开展年际气候波动影响分析, 进一步优化阈值与预警指标, 完善高原河谷设施花卉气象服务体系。

参考文献

- [1] 路雪. 温湿度调控对蝴蝶兰叶片生长及花梗抽生的影响[J]. 现代园艺, 2025, 48(8): 19-21.
- [2] 张婷华, 李昌玉. 西宁冬季日光温室气温变化规律研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(11): 109-114.
- [3] 王洪良. 基层气象台站农业气象服务现状及发展对策[J]. 山东气象, 2009, 29(3): 54-55+58.
- [4] 许显花, 李延林, 刘金青. 青海黄河谷地热量资源变化分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(27): 102-106.
- [5] 刘可群, 黎明锋, 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.
- [6] 李娟, 苑晓菲, 闫颖, 等. 蝴蝶兰北方设施栽培技术要点[J]. 农业科技通讯, 2024(5): 225-228.