 DOI: https://doi.org/10.12349/rwae.v6i2.5974

The Microclimate Effects of Greenhouses and Their Impact on the Growth Period of Tomatoes

Haifeng Zhu Junwei Lou Xinheng Du Jiaqi Kang

Wuyi Meteorological Bureau,Wuyi County,Zhejiang Province 321200

Abstract

Based on continuous monitoring data of temperature and humidity in standard greenhouses in the Zhongjiang region (Wuyi County, Jinhua City) from 2023 to 2024, this study reveals the differences in microclimate between inside and outside the greenhouse and their impact on the growth periods of tomatoes. The results show that the daily average temperature inside the greenhouse is 3℃~7℃ higher than outside, with a risk of midday high-temperature physiological stress in spring. The effective accumulated temperature inside the greenhouse increases by approximately 16.6% compared to outside, significantly shortening the tomato growth cycle. The humidity inside the greenhouse shows significant diurnal fluctuations (60%~80% during the day, 75–95% at night), with a double peak of high humidity before sunrise and after sunset, and the daily average humidity often exceeds 80%, potentially increasing the risk of tomato cracking and disease incidence.

Keywords

Greenhouse;Temperature-humidity effects;Tomato growth periods;Zhongjiang region

棚室小气候效应及其对番茄生育期的影响

祝海峰 楼俊伟 杜欣恒 康佳琦

武义县气象局，中国 · 浙江 武义 321200

摘 要

通过2023-2024年浙中地区（金华市武义县）标准大棚温湿度连续监测数据，揭示了大棚内外小气候差异及其对番茄生育期的影响。结果表明：棚内日均温度较棚外提高3~7℃，春季容易出现午间高温生理胁迫；棚内较棚外有效积温累积率增加约16.6%，显著缩短番茄生育周期；棚内湿度昼夜波动明显（昼间60%~80%，夜间75%~95%），日出前与日落后易形成双峰高湿环境，日均湿度长期高于80%，可能增加裂果率、病害发生率等风险。

关键词

大棚；温湿效应；番茄生育期；浙中地区

1 引言

浙中地区特有的亚热带季风气候与大棚微环境形成的温湿效应，导致番茄种植窗口期发生显著变化，对番茄物候期产生显著影响；大棚的温湿变化还会直接影响番茄光合效率、果实品质及病害发生率 [1-2]。现有研究多聚焦于高寒气候背景下的冬春季节的北方温室 [3-5]，基于浙中地区高温高湿背景下大棚小气候效应及其对番茄生育期影响的地域性研究则较少。本研究通过监测 2023-2024 年浙中（金华市武义县）典型大棚温湿及番茄生育期数据，阐述棚室小气候效应及番茄生育期的响应，为区域设施番茄栽培管理提供参考依据。

【基金项目】2023 年武义县科技计划一般研发项目（农业类）。

【作者简介】祝海峰（1972–），男，中国浙江武义人，本科，工程师，从事气候研究、气象防灾减灾科普研究。

2 资料与方法

选取金华市武义县南湖村（28° 52'N，119° 48'E）标准塑料大棚（跨度 8m，脊高 3.2m）为观测点。采用温湿度记录仪获取棚内空气温度（℃）和相对湿度（%），采样间隔 1 小时，观测时段为 2023 年 12 月—2024 年 11 月，并从浙江省气候中心获取南湖村气象监测站（距大棚约 500m）同步温湿记录作为棚外数据。选用“浙粉 202”番茄品种进行栽培数据采集。番茄生育期参照吕鸿钧等 [6] 划分为发芽期、幼苗期、开花坐果期、结果成熟期，对所获数据进行相关性分析。

3 结果与分析

3.1 大棚温度效应

从图 1 可以得出：

大棚具有明显的总体增温效应。棚内平均温度整体高于棚外，提高约 3~7℃。冬季增温效果明显高于其它季节。

棚内温度呈现“单峰型”日变化。白天迅速升温，棚

内升温速率快于棚外；夜间缓慢降温，大棚保温效果明显。棚内最高温度出现在 12:00—13:00，较棚外提前约 1 小时；凌晨出现最低温度，棚内较棚外延后约 1 小时。大棚昼夜温差显著，棚内昼夜温差平均达 10.4℃，大于棚外昼夜温差平均（7.8℃），揭示棚内环境波动更为剧烈。

棚内平均温度存在明显的季节性。冬季（12 至 2 月）大棚内外温差可达 10℃以上，明显超过其它季节，显示增温效果最显著；但冬季棚内最低温度凌晨时段（03:00 至 06:00）仍易低于 5℃，产生低温冷害。春季（3~5 月）棚内午间时段（11:00 至 14:00）超 33℃日数占比达 19.6%，对番茄种植容易形成较明显的午间高温生理胁迫。总体而言，大棚温度季节差异可达 30℃以上。

表 1 显示，棚内低温 <10℃日数较棚外显著减少 46% 以上，揭示了冬春季节大棚增温效果明显；棚内高温 >33℃日数较棚外增量达 44% 以上，且统计显示春季（3~5 月）棚内高温 >33℃日数占比达 30%，验证开春之后大棚内番茄高温生理胁迫可能性的明显增加。

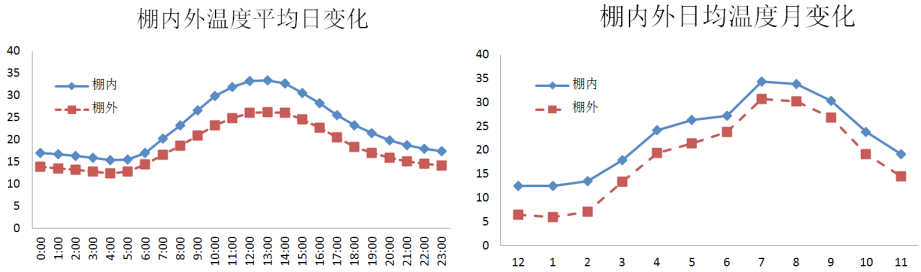

图1　棚内外温度变化曲线

表 1 大棚内外温度阈值全年日数统计

	TH>35℃日数	TH>33℃日数	TH>30℃日数	TL<0℃日数	TL<5℃日数	TL<10℃日数
棚内	105	124	172	3	26	64
棚外	67	86	110	30	76	119
棚内增量	57%	44%	56%	-90%	-66%	-46%

注：TH 日最高气温，TL 日最低气温

3.2 大棚湿度效应

从图 2 看到：棚内湿度平均昼夜波动明显（昼间 60%~80%，夜间 75%~95%），日变化呈典型“高 - 低 - 高”双峰形态。日出前湿度峰值可达 90%~100%，日出后湿度迅速回落，正午时段降至全天最低值（平均湿度 50%~60%），与升温时段同步呈显著负相关（r=-0.98，p<0.01），日落后湿度再现峰值，晚间湿度降幅缓慢，易产生结露风险。棚内日均湿度长期处于 80% 以上。梅雨季（6 月）日均湿度达 96%，显著高于夏季（p<0.01）；冬季因通风减少，日均湿度维持在 80~95% 之间。

3.3 大棚温湿效应对番茄生育期的影响

番茄作为喜温植物，生育适宜温度为 13~28℃；温度降到 10℃以下生长缓慢，低于 5℃时会引起低温危害，0℃以下植株会被冻死；温度在 33℃以上时生长受到干扰，高于 35℃时会产生高温胁迫，40℃以上停止生长。

从图 1 的日均温度月变化曲线看，棚内温度在番茄整个生长期处于相对较适宜范围，整体较棚外有利。1 至 2 月棚外平均温度不到 10℃，不利于番茄发芽及幼苗生长；而棚内平均温度则显著提升，基本能满足番茄发芽期与幼苗期需求，棚内番茄播种期明显提早。3 至 4 月番茄开花坐果期，棚内平均温度 18~24℃、昼夜温差 8~12℃，有利花芽分化和提高开花坐果率。5 至 7 月平均温度较高，棚内比棚外高 2~6℃，6 月、7 月连续出现超 33℃日数，存在较明显高温生理胁迫可能。但棚内番茄生育期提前约 30 天（表 2），较好避开了高温生理胁迫期。

从表2可以得出，棚内番茄发芽期、幼苗期、开花坐果期、结果成熟期等生育期各阶段均较棚外露地大幅提早，番茄生理进程加速，棚内番茄全生育期较棚外露地缩短约 22%。

由表 2，番茄发芽期棚内比棚外提早 8 天出苗，棚外因连续出现日均温度低于 10℃导致生长缓慢、发芽延迟。幼苗期棚外（47 天）长于棚内（39 天），而数据显示幼苗初期棚外曾出现多日日均温度低于 10℃，印证了在露地低温下番茄生长缓慢，需要设施保障早熟性。棚内采收比棚外提前约 30 天，有效避开当地梅雨季（6 月），裂果率较低，同时还抢占了 5 月高价窗口期，经济效益得到提升；而棚外采收期则覆盖梅雨季降水集中期，多雨高湿致使裂果增多，又适逢番茄集中上市期，价格溢价空间消失。

棚内番茄生育期所需有效积温比棚外减少 217.6℃ · d 约 8.7%，说明大棚相对稳定的环境可以提升有效积温利用率。经计算，棚内日均有效积温约 21.1℃ · d，棚外露地仅约 18.1℃ · d，大棚能显著增加春茬番茄有效积温累积效率，增幅约 16.6%。

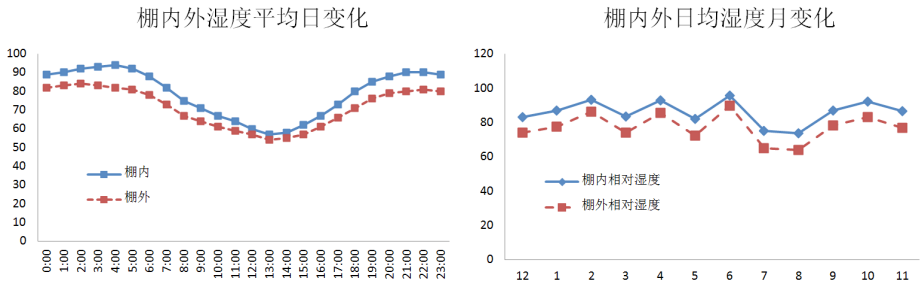

图2 棚内外湿度变化曲线

表 2 番茄生育期各阶段天数及有效积温的比较

生育阶段	开始日期～结束日期		持续时间（d）		有效积温（℃·d）	
	棚内	棚外	棚内	棚外	棚内	棚外
发芽期	2-17~2-26	2-17~3-5	10	18	105.0	96.4
幼苗期	2-27~4-5	3-6~4-21	39	47	667.5	728.2
开花坐果期	4-6~4-20	4-22~5-11	15	20	356.5	408.7
结果成熟期	4-21~6-3	5-12~7-3	44	53	1145.0	1258.3
全生育期	2-17~6-3	2-17~7-3	108	138	2274.0	2491.6

注：有效积温 K=Σ[每日均温 T- 生物学下限温度 T_0]，其中：番茄 T_0=10℃

4 小结与讨论

大棚显著提升日均温 3℃ ~7℃，冬季增温效果尤为明显（温差达 10℃以上），使番茄全生育期缩短 22%、有效积温利用率提高 8.7%，这与牛博文、陈军伟等 [7,8] 提出的设施增温加速番茄生理进程的研究结果一致。

棚内湿度呈现双峰型昼夜波动，日均湿度长期维持在 80% 以上，这种高湿环境会加重番茄灰霉病等病害风险 [9,10]，建议采用曹春雨、宋成宝等 [11,12] 提出的智能通风调控策略来控制湿度波动。

棚内番茄开花坐果期温度 18~24℃、昼夜温差 8℃ ~12℃对提高坐果率极为有利，生育期缩短 30 天可规避梅雨季裂果风险，符合魏代国、陈艳秋等 [13，14] 得出的结论。

大棚番茄种植仍需警惕冬季凌晨低温（＜ 5℃）和春季午间高温（＞ 35℃）可能的胁迫风险，特别是高温高湿复合胁迫可能导致的花粉败育现象和转色障碍 [15,16]。可在冬季采用双层覆盖提升夜间温度 2℃ ~3℃ [17]，在春季午间高温时段使用 30%~50% 遮光率遮阳网配合通风 [18] 解除高温高湿胁迫风险。

参考文献

[1] 赵玉萍. 不同温度光照对温室番茄生长、光合作用及产量品质的影响[D]. 兰州：甘肃农业大学，2020.

[2] 武利明,张喜春,肖光辉.环境因子对番茄生长发育的影响[J].中国农学通报,2014,30(13):214-219.

[3] 杨学坤,韩柏和,蒋晓.日光温室系统模型的研究现状与对策[J].中国农机化学报,2017,38(04):42-48.

[4] 李文峰.日光温室番茄生长状况与小气候因子研究[J].现代农村科技,2015,(18):56-57.

[5] 李宁,佟维华,梁涛,等.冬季温室大棚番茄生产气象条件分析[J].现代农业科技,2018,(19):116-117,124.

[6] 吕鸿钧,赵玮.番茄栽培技术[M].银川:宁夏人民出版社,2008.

[7] 牛博文,庞胜群,韩琼琼,等.基于有效积温的加工番茄生育期模拟模型[J].中国瓜菜,2025,38(02):75-81.

[8] 陈军伟,董建舒,司转运,等.基于DSSAT模型的增温对温室番茄生长影响的研究[J].天津农学院学报,2025,32(01):82-89.

[9] 解智慧.温湿度对番茄灰叶斑病发生的影响[D].沈阳农业大学,2020.D

[10] 李宝聚,陈立芹,孟伟军,等.湿度调控对番茄灰霉病菌侵染的影响[J].植物病理学报,2003,(02):167-169.

[11] 曹春雨,孔蕊,阎金刚.温室智能通风调控系统技术推广与效益分析[J].工业技术与职业教育,2017,15(04):19-21.

[12] 宋成宝,柳平增,刘兴华,等.基于温湿度异布的日光温室冬季主动通风策略设计与验证[J].农业工程学报,2024,40(10):228-238.

[13] 魏代国.设施番茄花期提高坐果率的关键措施[J].农业工程技术,2024,44(18):60-61.

[14] 陈艳秋,赵翔,刘昭霞,等.不同昼夜温差对设施番茄果实发育及产量的影响[J].北方园艺,2014,(24):38-42.

[15] 孟焕文,程智慧,吴洋,等.温度胁迫对番茄转化酶表达和光合特性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,(12):41-46+52.

[16] 暴会会,王少坤,尹竹君,等.番茄花粉败育型雄性不育研究进展[J].江西农业学报,2019,31(5):33-40.

[17] 王纪章,赵青松,李萍萍.温室多层覆盖的冬季保温效果研究[J].中国蔬菜,2012,(18):106-110.

[18] 汪波,刘建,李波,等.遮阳网在设施大棚中的应用研究进展[J].上海蔬菜,2015,(03):81-82.