

# 日光温室冬春两季环境因子变化研究

冯涛, 范涛, 钱宝玲, 张恩太

(甘肃省酒泉市农业科学研究院, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:** 在正常生产管理条件下, 利用温室智能监控系统, 自动监测记录冬、春两季日光温室内外空气温度、光照强度, 温室内空气湿度、土壤温度, 研究冬、春两季日光温室环境因子日变化差异及环境因子间的相互关系差异。结果表明, 土壤温度与温室内外光照及室内湿度的相关性, 春季显著大于冬季; 室内湿度与室内、外光照强度、温室内外温度以及室外温度与温室的相关性, 春季显著小于冬季。土壤温度与室内、外温度的关联程度, 春季温室内温度强于室外温度, 冬季室外温度强于室内温度。室外温度与室内、外光照、土壤温度的关联程度, 春季室内、外光照强于土壤温度, 而冬季土壤温度强于室内、外光照。冬季室内湿度显著高于春季, 日变化幅度显著小于春季。春季最低室内要高于冬季最低温度 10℃ 以上, 日变化幅度明显小于冬季; 春季室内、外最大光照强度是冬季的 2 倍, 且春季光照时间长。春季室外温度平均高于冬季 12℃ 以上, 春季室内土壤温度始终要高于冬季 10℃ 以上。

**关键词:** 冬季; 春季; 日光温室; 环境因子; 变化差异

**中图分类号:** S625 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)01-0024-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2017.01.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2017.01.008)

## Study on Mutative Differences of Environment Factors between Winter and Spring

FENG Tao, FAN Tao, QIAN Baoling, ZHANG Entai

(Jiuquan Institute of Agricultural Sciences Research, Jiuquan Gansu 735000, China)

**Abstract:** In order to study on mutative differences of environment factors between winter and spring, the greenhouse intelligent control system was used to record and store the data of indoor soil temperature, humidity, indoor and outdoor temperature, light. The result shows that the correlation in spring is significantly greater than in winter between soil temperature and humidity, indoor and outdoor light; the correlation in spring is significantly less than in winter between humidity and indoor and outdoor temperature, light, and between outdoor temperature and indoor temperature. The degree of association of indoor temperature in spring is greater than outdoor temperature between soil temperature and indoor temperature, outdoor temperature, winter is the opposite; the degree of association of indoor and outdoor light in spring is greater than soil temperature between outdoor temperature and outdoor light, indoor light, soil temperature, winter is the opposite. Humidity in winter is significantly higher than in spring, and the variation amplitude is significantly less than in the spring; the lowest indoor temperature in spring is higher than in winter above 10℃, Change is much smaller than in winter; the indoor and outdoor light in spring is twice in winter; the average outdoor temperature in spring is higher than in winter above 12℃ and soil temperature is higher above 10℃ all the time.

**Key words:** Winter; Spring; Greenhouse; Environmental factors; Mutative differences

我国日光温室发展迅速, 日光温室蔬菜生产带来了可观的社会效益和经济效益。日光温室生产是在一个相对封闭的环境内为作物生长提供适

宜的生长环境, 日光温室生产系统具有不确定性、强耦合性、非线性、大滞后、多输入多输出等特点。日光温室小气候包括空气温湿度、土壤温湿

收稿日期: 2016-10-11

基金项目: 国家引智项目“日光温室蔬菜优质高效品种引进与轻便化栽培技术创新”(G20156200089); 酒泉市科技重大专项“节能日光温室智能控制及精准栽培技术研究与示范”(2015—2017)。

作者简介: 冯涛(1972—), 男, 甘肃天水人, 助理研究员, 研究方向为土壤农化。联系电话: (0937)2622958。E-mail: 103527515@qq.com。

通信作者: 范涛(1989—), 男, 山东济南人, 硕士, 研究方向为设施蔬菜栽培与蔬菜种质资源利用。联系电话: (0937)2803675。E-mail: 813961786@qq.com。

度、CO<sub>2</sub> 浓度、光照强度等，各因子之间相互联系、相互制约，并与外界各环境因子联系紧密。日光温室内的微气候直接影响着温室内蔬菜的生长与发育。人们对日光温室环境因子进行了较多研究，如温室内微气候与外界的关系<sup>[1-3]</sup>、温室内微气候变化规律与模拟<sup>[4-5]</sup>、微气候对蔬菜生长发育的影响<sup>[6-7]</sup>、微气候监控与调控<sup>[8-10]</sup>等，这些研究为温室内环境因子有效利用奠定了基础，但对于日光温室冬、春两季环境因子变化差异的研究报道尚不多。

日光温室环境因子直接影响着温室内蔬菜的生长与发育，掌握了解温室环境因子变化规律及相关关系，才能更好开发和利用<sup>[11]</sup>。已有研究表明，日光温室内空气温度与温室外空气温度、温室内空气温度与温室内空气湿度呈极显著相关性<sup>[12-13]</sup>；温室内土壤温度与温室外空气温度关系最为密切<sup>[14]</sup>；温室内温湿变化与温室外气象变化有显著相关性<sup>[15]</sup>；温室内空气相对湿度白天下降，夜间则又升高<sup>[1]</sup>；日光温室内二氧化碳浓度日变化曲线通常呈不规则“u”形<sup>[16]</sup>。我们以冬、春两季日光温室内外各环境因子监测资料为基础，研究冬、春两季环境因子日变化差异及环境因子相互关系差异，以期探讨冬、春季日光温室的环境差异，为有效调控日光温室环境，合理安排茬口，促进日光温室蔬菜健壮生产提供科学依据。

## 1 材料与方法

监测的两座日光温室位于酒泉市肃州区银达非耕地日光温室园区（东经 98°，北纬 39°），两座温室为同一时期，统一标准建造，为脊高 4.9 m、长 50 m、跨度 10 m 的全钢架日光温室。观测仪器为浙江托普云农科技股份有限公司生产的日光温室智能监控系统，观测内容为温室内空气湿度、土壤温度、光照强度，温室外空气温度、光照强度。

冬季温室内种植的作物为番茄，2015 年 11 月中旬定植，环境监测时间为 2015 年 12 月 20 日至 2016 年 1 月 31 日。春季种植作物为西瓜，2016 年 3 月中旬定植，环境监测时间为 3 月 20 日至 4 月 30 日。温室进行正常生产管理。环境因子数据每小时自动记录 1 次，使用 Excel 2007、DPS 7.05

数据处理软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 冬、春两季各环境因子的相关关系差异

酒泉地区年降水量较少，多为晴朗天气。从冬、春两季晴朗天气中各随机选取 8 d，对温室外光照强度(x1)、温室外空气温度(x2)、温室内空气温度(x3)、温室内土壤温度(x4)、温室内光照强度(x5)、温室内空气湿度(x6)进行相关分析，结果如表 1、表 2 所示。

表 1 春季各环境因子相关关系<sup>①</sup>

因子	x1	x2	x3	x4	x5	x6
x1	1.00					
x2	0.75**	1.00				
x3	0.79**	0.72**	1.00			
x4	0.22*	0.48**	0.68**	1.00		
x5	0.98**	0.69**	0.84**	0.29**	1.00	
x6	-0.67**	-0.61**	-0.83**	-0.70**	-0.71**	1.00

①\* 表示相关性在 P=0.05 水平上显著；\*\* 表示相关性在 P=0.01 水平上极显著，下同。

表 2 冬季各环境因子相关关系

因子	x1	x2	x3	x4	x5	x6
x1	1.00					
x2	0.71**	1.00				
x3	0.83**	0.87**	1.00			
x4	0.11	0.65**	0.60**	1.00		
x5	0.98**	0.70**	0.85**	0.13	1.00	
x6	-0.93**	-0.79**	-0.93**	-0.36**	-0.92**	1.00

综合表 1、表 2 可知，春季日光温室内的土壤温度与温室内、外光照强度相关性分别达到极显著和显著水平，相关系数分别为 0.29 和 0.22，而冬季土壤温度与内、外光照强度相关性不显著，相关系数分别为 0.13 和 0.11，说明温室内、外光照与土壤的相关程度春季大于冬季；春、冬两季温室外温度与温室内土壤温度、温室内温度相关性都达极显著水平，但从相关系数来看，冬季相关系数分别为 0.65 和 0.87，大于春季(相关系数分别为 0.48 和 0.72)，说明温室外温度与温室内土壤

温度、温室内温度的相关程度，冬季大于春季；春、冬两季温室内湿度与其他各环境因子相关性都达极显著水平，但与内外光照、内外温度相关系数冬季明显大于春季，与温室内土壤温度相关系数春季明显大于冬季，说明温室内湿度与内外光照、内外温度相关程度，冬季大于春季，温室内湿度与温室内土壤温度相关程度，春季大于冬季。

2.2 冬、春环境因子间灰色关联度差异

由表 1、表 2 已知，温室内空气湿度与其他环境因子为负相关，从冬、春两季晴朗天气中各随机选取 8 d，对温室外光照强度(x1)、温室外温度(x2)、温室内空气温度(x3)、温室内土壤温度(x4)、温室内光照强度(x5)进行无母序列灰色关联度分析<sup>[17-18]</sup>，结果如表 3、表 4 所示。

由表 3、表 4 可知，春季温室外光照强度与温室内光照强度、温室内温度的关联系数分别为 0.674 4、0.417 3，小于冬季关联系数 0.770 1、0.477 4，说明温室外光照强度与温室内光照强度、温室内温度的联系程度，冬季强于春季；春季温室内温度与土壤温度的关联系数为 0.401 3，大于冬季 0.317 6，说明温室内温度与土壤温度的联系程度，春季强于冬季；春季土壤温度与温室内、外温度的关联系数分别为 0.423 0、0.390 0，而冬季分别为 0.376 9、0.423 0，说明春季土壤温度与温室内、外温度的联系程度，温室内温度强于温室外温度，而冬季温室外温度强于温室内温度；春季温室内光照与温室外光照、温室内温度的关联系数分别为 0.676 6、0.435 5，均小于冬季关联系数 0.769 0、0.478 2，说明温室内光照与温室外

表 3 春季环境因子关联矩阵

因子	x1	x2	x3	x4	x5
x1	1.000 0	0.401 3	0.417 3	0.290 0	0.674 4
x2	0.427 6	1.000 0	0.478 6	0.390 0	0.429 4
x3	0.420 1	0.456 5	1.000 0	0.401 3	0.436 0
x4	0.310 9	0.390 0	0.423 0	1.000 0	0.313 5
x5	0.676 6	0.407 9	0.435 5	0.293 9	1.000 0

表 4 冬季环境因子关联矩阵

因子	x1	x2	x3	x4	x5
x1	1.000 0	0.429 8	0.477 4	0.290 2	0.770 1
x2	0.398 3	1.000 0	0.501 4	0.401 3	0.395 9
x3	0.414 2	0.471 2	1.000 0	0.317 6	0.416 1
x4	0.290 2	0.430 7	0.376 9	1.000 0	0.298 3
x5	0.769 0	0.425 6	0.478 2	0.297 1	1.000 0

光照、温室内温度的联系程度，冬季强于春季；春季温室外温度与温室内、外光照、土壤温度的关联系数分别为 0.429 4、0.427 6、0.390 0，冬季分别为 0.395 9、0.398 3、0.401，说明春季温室外温度与温室内、外光照、土壤温度的联系程度，温室内、外光照强于土壤温度，而冬季土壤温度强于温室内、外光照。

2.3 冬、春环境因子日变化差异

从冬、春两季晴朗天气中各随机抽取 4 d，对环境因子日变化作曲线图，结果如图 1~4 所示。

由图 1 可以看出，日光温室冬季温室内空气湿度变化范围为 55%~90%，最小空气湿度出现在 15:00 时左右，春季变化范围为 10%~75%，

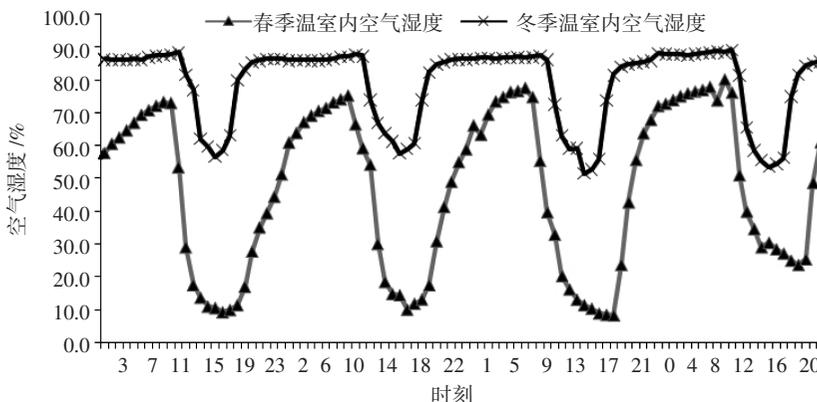


图 1 温室内空气湿度曲线

最小空气湿度出现在17:00 时左右, 冬季温室内湿度高于春季。由图 2 可知, 春季室外光照强度最大可达 100 000 Lx, 冬季最大只有 50 000 Lx, 且春季光照时间长, 春季室外温度平均高于冬季 12 ℃ 以上。由图 3 可以看出, 最低室内温度春季要

高于冬季 10 ℃ 以上; 春季温室内温度始终能保持在 18 ℃ 以上, 日变化幅度明显小于冬季。由图 4 可知, 春季室内光照强度最大可达 80 000 Lx, 冬季最大只有 40 000 Lx。春季土壤温度始终要高于冬季 10 ℃ 以上。

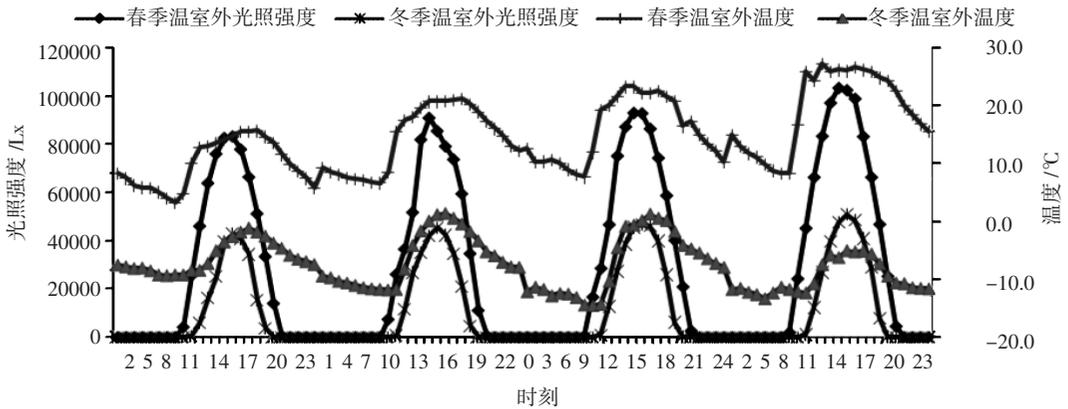


图 2 温室外光照强度、温室外温度曲线

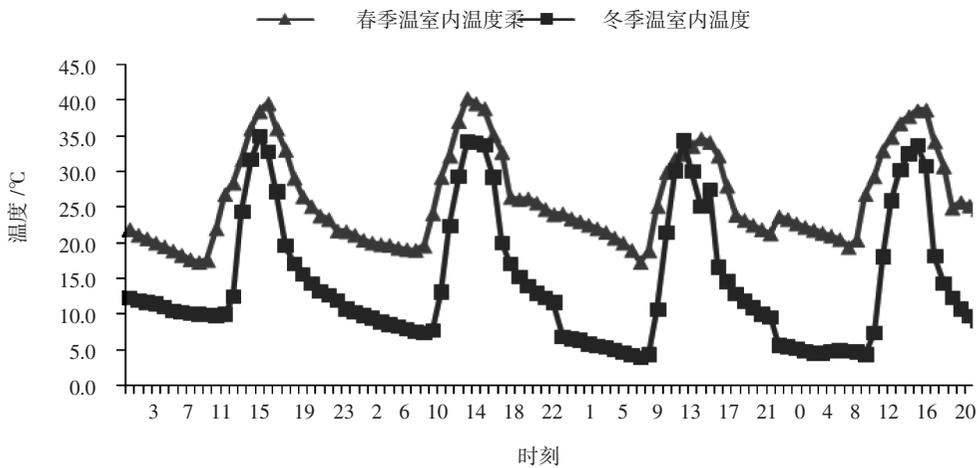


图 3 温室内温度曲线

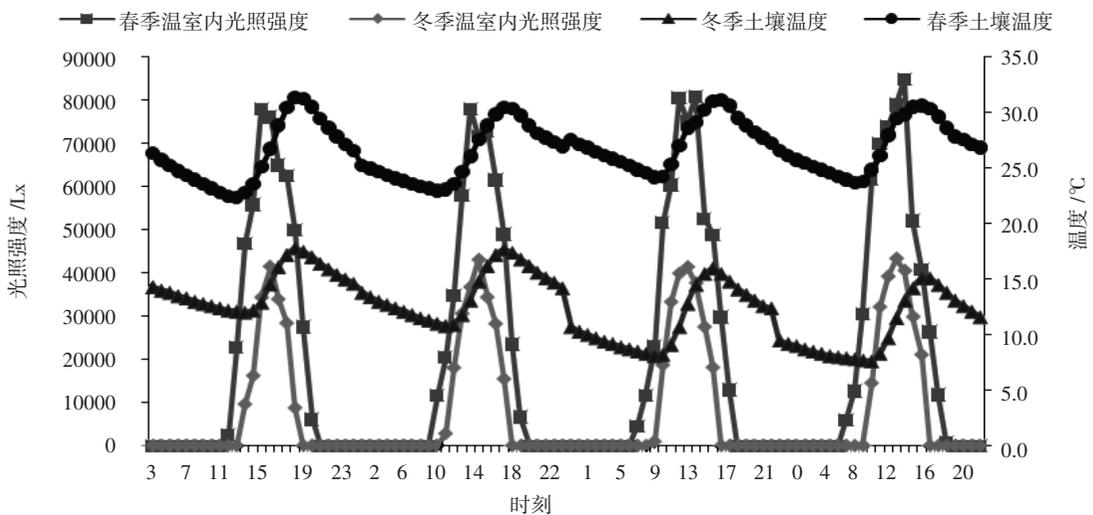


图 4 温室内光照强度、土壤温度曲线

### 3 小结与讨论

研究表明,日光温室土壤温度与温室内、外光照强度、温室内湿度相关性春季显著大于冬季;温室内湿度与温室内外光照强度、温室内外温度,以及温室外温度与温室内温度相关性,春季显著小于冬季。魏瑞江等<sup>[19]</sup>研究表明,光温室内日最高气温、日最小相对湿度、接受到的日最大太阳辐射三者之间均有较高的相关性,在冬季相关性最好,秋季次之,春季相关性较差,本研究结果与其具有一定程度的相似性。从关联程度分析来看,土壤温度与温室内外温度的关联程度,春季温室内温度强于温室外温度,而冬季温室外温度强于温室内温度。温室外温度与温室内外光照、土壤温度的联系程度,春季温室内、外光照强于土壤温度,而冬季土壤温度强于温室内、外光照。从日变化数据来看,冬季温室内湿度显著高于春季,日变化幅度显著小于春季;春季最低温室内温度要高于冬季 10℃以上,日变化幅度明显小于冬季;春季温室内、外最大光照强度是冬季的 2 倍,且春季光照时间长;春季室外温度平均高于冬季 12℃以上,温室内土壤温度始终要高于冬季 10℃以上。张国红等<sup>[20]</sup>的研究表明,温室生产,冬春茬优于秋冬茬的温光条件,更有利于番茄的生长发育和品质的形成,这与本研究结果相互支持。

#### 参考文献:

- [1] 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(1): 97-103.
- [2] 薛晓萍,李鸿怡,李楠,等. 日光温室小气候预报技术研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(29): 195-202.
- [3] 李宁,申双和,黎贞发,等. 基于主成分回归的日光温室内低温预测模型[J]. 中国农业气象, 2013, 34(3): 306-311.
- [4] 刘洪,郭文利,李慧君. 北京地区日光温室光环境模拟及分析[J]. 应用气象学报, 2008, 19(3): 350-355.
- [5] 王倩,张海涛,刘旭,等. 下沉式日光温室内温光环境分析[J]. 中国农业气象, 2013(1): 37-42.
- [6] 于红,黎贞发,罗新兰,等. 低温寡照对日光温室番茄幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2011(24): 56-60.
- [7] 魏瑞江. 日光温室黄瓜低温寡照灾害预警技术研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2010.
- [8] 阎晓军,王维瑞,梁建平. 北京市设施农业物联网应用模式构建[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 149-154.
- [9] 张义,杨其长,方慧. 日光温室水幕帘蓄放热系统增温效应试验研究[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 188-193.
- [10] 刘淑梅,薛庆禹,李春,等. 天津地区不同墙体处理对日光温室保温性能影响初探[J]. 中国农学通报, 2012, 28(35): 170-179.
- [11] 魏瑞江,孙忠富. 我国日光温室小气候研究进展与展望[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2014(12): 139-150.
- [12] 傅理,张亚红,白青. 日光温室内外环境特征及其变化规律[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2009(4): 62-65.
- [13] 崔建云,董晨娥,左迎之,等. 外部环境气象条件对日光温室气象条件的影响[J]. 气象, 2006, 32(3): 101-106.
- [14] 贾红,徐为根,彭明艳,等. 日光温室土壤温度变化特征和预报模型研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(11): 6471-6473.
- [15] 信志红,薛晓萍,盖世民. 外部气象条件对温室内温湿变化的影响[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(2): 30-32.
- [16] 魏珉,邢禹贤,王秀峰,等. 日光温室 CO<sub>2</sub> 浓度变化规律研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 354-358.
- [17] 尧庭,开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [18] 袁志发,宋世德. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [19] 魏瑞江,马凤莲,王鑫,等. 日光温室内小气候环境各因子间量化关系研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(32): 282-287.
- [20] 张国红,张振贤,郭英华,等. 不同季节(茬口)日光温室温光环境和番茄生长发育的比较[J]. 华中农业大学学报, 2004(z2): 140-144.

(本文责编: 陈珩)