

## 天津一种典型砖墙日光温室热环境现状的测试与分析

徐凡<sup>1</sup> 马承伟<sup>1\*</sup> 刘洋<sup>1</sup> 宋道林<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学 水利与土木工程学院/农业部设施农业工程重点实验室,北京 100083;

2. 天津市西青区农业技术推广服务中心,天津 300380)

**摘要** 对天津一种典型的砖墙日光温室进行连续2个冬季的热湿环境现状测试。结果表明:日光温室内日平均气温大部分时间可维持在10℃左右,最冷时仅为5.0℃;日最低气温1月份平均为3.4~5.5℃,极端日最低气温为0.8℃,此温度持续过长则会造成植物的冷害;温室内夜间温度较低,12—02月份室内夜间平均气温最低仅2.5℃;夜间室内外温差为10~15℃。1月份室内白昼平均相对湿度为66%,当采用无土栽培时,湿度仅50%左右;夜间室内相对湿度在整个测试期间都高达99%。可见,日光温室温湿环境大多适宜植物的生长,但仍存在低温和高湿等不利因素。可通过提高屋面透光性、增强北墙吸收太阳辐射作用、增强维护结构蓄热保温性、加强透风并改良栽培方式等方法改善日光温室的环境性能。

**关键词** 日光温室; 温度; 相对湿度; 环境; 改进措施

中图分类号 S 625.1

文章编号 1007-4333(2013)04-0188-08

文献标志码 A

## Thermal environmental status testing and analysis of a typical brick-wall solar greenhouse in Tianjin

XU Fan<sup>1</sup>, MA Cheng-wei<sup>1\*</sup>, LIU Yang<sup>1</sup>, SONG Dao-lin<sup>2</sup>

(1. College of Water Resources & Civil Engineering/Key Laboratory of Agricultural Engineering in Structure and Environment of Ministry of Agriculture, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Tianjin Xiqing District Agricultural Technology Extension and Service Center, Tianjin 300380, China)

**Abstract** In this paper, we tested the thermal and humidity environmental status in a typical brick-wall solar greenhouse in Tianjin for two winters. The results showed that, daily mean temperature is around 10℃, the lowest value is 5.0℃; daily minimum temperature is 3.4–5.5℃ in January and the lowest value is 0.8℃, which may cause the crop chilling injury; night temperature indoor is lower and the lowest average night temperature is 2.5℃ from December to next February; the night temperature difference between indoor and outdoor is 10–15℃. The indoor daily average relative humidity is 66% in the daytime in January, however, the relative humidity is only 50% when soilless culture is used. The average relative humidity at night is high to 99% in all the testing time. Results from this study showed that solar greenhouse can supply proper environment to crops most of the time, but there is still existing some abnormal conditions (always low temperature and high humidity). We advise to improve the environment performance of solar greenhouse by the following measures: enhance the sunlight transmission from the roof; ensure the solar radiation received by the north wall; advance the thermal insulation and heat storage performance of enclosure structures; improve ventilation and modify cultivation methods.

**Key words** solar greenhouse; temperature; relative humidity; environment; improvement measure

收稿日期: 2012-10-15

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-25-D-04); 中国农业大学研究生科研创新专项资金资助(KYCX2010099)

第一作者: 徐凡, 博士研究生, E-mail: luckyfan@126.com

通讯作者: 马承伟, 教授, 主要从事设施农业工程研究, E-mail: macwbs@cau.edu.cn

日光温室是我国北方地区冬季普遍使用的一种园艺生产设施,具备节能、高效等优势。近年来,日光温室的建设和发展成为设施农业发展的主题,各种新型日光温室的开发也成为热点,因此日光温室在使用中的环境性能更是研究者们关注的焦点。已有研究通过试验<sup>[1-6]</sup>或模拟<sup>[7-8]</sup>方法,对北京、山东、江苏、天津、辽宁等地日光温室内的微气候环境进行了分析,并构建开发了一些环境分析模型和软件<sup>[9-12]</sup>,显示日光温室具备良好的热环境性能,日平均气温为 15 ℃,有些地区日光温室的夜间温度达到 10 ℃,室内外温差可达 20~30 ℃。如遇阴天或雨雪天气,则温度会有不同程度的降幅。这些为温室的设计建造提供了数据支持。根据实际调研,很多温室还达不到这样的温度,因此温室的性能优化,需要更为详尽的温室环

境数据记录分析。

日光温室热环境是影响室内作物生长发育的关键因素,本研究拟以天津地区目前使用较多的砖墙二代温室为测试对象,通过连续 2 年的实地测试,详细分析日光温室在实际使用过程中的温湿度环境,真实反映日光温室的温湿度现状,以期对日光温室的使用、评价及性能优化提供依据。

## 1 材料与方法

本试验选择在天津西青区杨柳青园艺科技博览园日光温室内进行,温室类型为西青砖墙二代温室,建造方位为南偏西 5°。测试时间为 2010-01-03、2010-12-2011-03,室内栽培草莓,栽培方式 2009—2010 年为起垄栽培,2010—2011 年为无土栽培(基质盆栽),2 年均采用滴灌。温室建造参数见表 1。

表 1 供试天津砖墙二代温室建造参数

Table 1 Construction parameters of second-generation brick-wall greenhouse in Tianjin for testing

参数 Parameters	数值 Value	参数 Parameters	数值 Value
长度/m Length	70	前屋面角/(°) Lighting surface angles	29, 31
跨度/m Span	7.5	屋面骨架 Roof framework	钢架 Steel frame
脊高/m Height of ridge	3.2	后屋面水平投影宽度/m Horizontal Projection width of back-roof	1.8
后墙高度/m Height of backwall	2.3	后屋面仰角/(°) Elevation of back-roof	35
墙体材料(从内向外) Wall Materials	24 cm 砖,聚苯板,24 cm 砖 24 cm Brick, Polystyrene Board, 24 cm Brick	后屋面做法(从内向外) Making method of Back-roof	木板,聚苯板,三合灰 Board, Polystyrene board, Lime-clay-sand concrete
墙体厚度/m Wall thickness	0.6	外覆盖材料 Covering material	保温被(20~30 mm) Heat preservation quilt

这种类型的温室在天津地区使用广泛,仅西青区就有 8 000 余栋<sup>[13]</sup>,其室内温度水平中等,较土墙温室略低(最低气温低 4~6 ℃),但比西青六埠型温室要高;主要用于生产西红柿、黄瓜、辣椒、西甜瓜、草莓等。

本研究重点关注日光温室的温湿度环境状况,因此测试参数为温室内外气温及相对湿度。为避免边界效应及外覆盖影响,使测试数据更有代表性,室内布置两测点,均选择在跨度方向的中间部位,而长度方向上分别位于中线偏东西各 10 m,测点高度分别距地面 0.8 m 和 1.5 m。室外测

点设置在供试温室旁空旷无遮挡的区域,距地高度 1.6 m。各测点均使用防辐射罩。测试仪器为日本 Esupeekumikku 有限公司的 RS-12 温湿度记录仪,可自动采集记录温湿度数据,数据采集间隔为 10 min。

## 2 结果与分析

### 2.1 温室温度环境分析

将室内两测点相同时刻测试数据的平均值作为该时刻温室内的温度值,为体现各测试月份温度的差异,研究中对测试数据逐月地进行整理分析,通过

计算温室内外日平均气温、日最高气温、日最低气温、夜间平均气温、夜间室内外温差等指标,对天津砖墙二代温室室内热环境性能进行分析和评价。

### 2.1.1 日平均气温

日平均气温是反映日光温室热性能的一项基本指标,日平均气温的最高、最低值反映了特殊天气条

件下温室的性能。2年的测试结果(表2)表明:天津地区年最冷月为1月,室外日平均气温平均为 $-6.6^{\circ}\text{C}$ ,最低为 $-15.2^{\circ}\text{C}$ ,次冷月为12月份和2月份,3月份室外日平均温度即可高于 $0^{\circ}\text{C}$ 。日光温室室内日平均气温基本可维持在 $10^{\circ}\text{C}$ ,当遇雨雪或连阴天时,温室内日平均气温明显下降,仅为 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。

表2 砖墙二代温室室内外逐月日平均气温

Table 2 Daily average temperature monthly of indoor and outdoor in a second-generation brick-wall greenhouse  $^{\circ}\text{C}$

统计项目 Statistical Projects		2010年				2010—2011年		
		1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar	12月 Dec	1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar
室外 Outdoor	最高值 Max	1.9	4.1	12.4	2.6	-3.5	5.1	16.5
	最低值 Min	-15.2	-6.0	-3.3	-10.9	-10.0	-5.3	0.7
	平均值 Avg	-6.6	-1.9	4.1	-2.6	-6.6	-1.1	7.3
室内 Indoor	最高值 Max	18.2	19.9	18.3	13.0	15.5	17.3	22.9
	最低值 Min	5.0	8.2	10.8	6.1	6.5	7.2	13.6
	平均值 Avg	11.4	12.6	14.6	9.4	9.7	11.0	18.7

### 2.1.2 日最高气温

日最高气温反映了日光温室在内的高温情况。1月份天津室外日最高气温平均不超过 $0^{\circ}\text{C}$ ,2、3月份略有升高。温室内日最高气温平均在 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ,而最高值则可达 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ (表3)。对于一般园艺作物而言, $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的高温会影响其生长发

育,因此温室进行适当的通风十分必要。

从室内日最高气温的分布可看出,1月份,60%以上时间室内日最高气温高于 $22^{\circ}\text{C}$ ,但仍有15%左右的时间低于 $16^{\circ}\text{C}$ 。需说明的是,观测到的最高气温不单取决于温室本身的性能,同时也受温室通风管理情况的影响。

表3 砖墙二代温室室内外日最高气温

Table 3 Daily maximum temperature of indoor and outdoor in a second-generation brick-wall greenhouse

统计项目 Statistical projects		2010年				2010—2011年		
		1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar	12月 Dec	1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar
室外日最高气温/ $^{\circ}\text{C}$ Daily maximum temperature outdoor	最高值 Max	8.8	14.5	18.9	11.7	8.1	13.0	26.7
	平均值 Avg	-0.7	3.5	9.9	3.9	0.0	5.6	14.2
室内日最高气温/ $^{\circ}\text{C}$ Daily maximum temperature indoor	最高值 Max	35.9	35.4	32.5	25.8	33.2	37.0	40.2
	平均值 Avg	24.1	21.9	22.9	19.5	22.3	21.0	29.8
室内分段计日最高 气温日数 Day number of each daily maximum temperature indoor	$\leq 16^{\circ}\text{C}$	6	7	3	4	4	6	0
	$>16\sim 18^{\circ}\text{C}$	2	1	2	6	2	3	0
	$>18\sim 20^{\circ}\text{C}$	2	1	3	4	3	3	1
	$>20\sim 22^{\circ}\text{C}$	0	4	1	11	4	6	1
	$>22\sim 25^{\circ}\text{C}$	3	7	13	5	8	4	4
	$>25^{\circ}\text{C}$	18	8	9	1	10	6	25

### 2.1.3 日最低气温

日光温室室内日最低气温直接影响园艺作物生长,经过连续2年的测试,可以看出天津砖墙二代日光温室室内日最低气温1月份平均为3.4~5.5℃,2月份为6~8℃,3月份可达10℃以上,而1月份的极端最低气温仅为1℃左右,出现在凌晨,如遇连阴天时可持续40h以上。

由日最低气温分布(表4)可知,1、2月份室内日

最低气温70%以上天数低于8℃,特别是2011-01,由于室外气温较低,温室室内日最低气温均低于6℃。这样的温度不利于植物生长发育,甚至产生冷害。有研究证明,5℃以下的低温影响喜温蔬菜如黄瓜、番茄等的正常生长,对授粉极为不利<sup>[14]</sup>,同时对植物生长及坐果有很大影响,例如草莓开花结果期如果温度过低将影响开花和授粉受精,因此最低温应在5℃以上,而砖墙二代温室的温度则略显偏低,不

表4 砖墙二代温室室内外逐月日最低气温

Table 4 Daily minimum temperature monthly indoor and outdoor in a second-generation brick-wall greenhouse

统计项目 Statistical Projects		2010年				2010—2011年		
		1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar	12月 Dec	1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar
室外日最低气温/℃ Daily minimum temperature outdoor	最低值 Min	-22.3	-13.2	-8.8	-18.7	-17.2	-12.0	-5.7
	平均值 Avg	-12.9	-7.4	-1.7	-8.4	-13.4	-7.2	-0.4
室内日最低气温/℃ Daily minimum temperature indoor	最低值 Min	0.8	3.9	6.2	1.2	1.3	2.7	4.9
	平均值 Avg	5.5	8.0	10.1	4.4	3.4	5.8	12.5
室内分段计日最低 气温的日数 Day number of each daily minimum temperature indoor	≤5℃	16	2	0	18	30	11	1
	>5~6℃	3	1	0	6	1	5	0
	>6~8℃	4	14	6	7	0	10	1
	>8~10℃	5	4	10	0	0	2	3
	>10℃	3	7	15	0	0	0	26

能满足作物生长需求。

### 2.1.4 温室内夜间日平均气温

日光温室的能量主要来自于太阳能,依靠墙体及地面白天蓄热、夜间放热来维持温室内的温度环境。因此温室内夜间温度状况能较好的反映

温室的性能。本研究夜间温度统计时段为19:00—次日7:00。

从表5可以看出:天津砖墙二代温室夜间室内日平均温度较低,1月份平均仅为6.3~8.1℃,最低值仅2.5℃。2011年初由于室外气温较低以及

表5 砖墙二代温室室内夜间(19:00—7:00)日平均气温

Table 5 Daily average temperature at night of indoor in a second-generation brick-wall greenhouse

统计项目 Statistical Projects		2010年				2010—2011年		
		1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar	12月 Dec	1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar
日平均气温/℃ Daily average temperature	最高值 Max	13.9	15.5	16.9	9.3	10.7	13.4	19.6
	最低值 Min	2.5	5.4	8.8	3.7	4.2	4.3	10.9
	平均值 Avg	8.1	10.2	12.9	6.9	6.3	8.4	15.7
分段计日平均气温 的日数 Day number of each daily mean temperature	≤8℃	17	5	0	21	28	12	0
	>8~10℃	5	10	4	10	2	10	0
	>10~12℃	4	6	8	0	1	5	2
	>12℃	5	7	19	0	0	1	29

温室密闭性的影响,夜间室内温度较上年偏低。从分布上看,12月份和1月份室内夜间日平均气温大部分时间低于 $8^{\circ}\text{C}$ ,占55%以上,特别是2011-01,低于 $8^{\circ}\text{C}$ 的天数达到90%;到3月份则大部分时间室内夜间平均温度大于 $12^{\circ}\text{C}$ 。由于大多数喜温作物要求夜间温度不低于 $8^{\circ}\text{C}$ ,因此日光温室12月份和1月份的夜间气温情况明显不能满足其生长需求,夜间气温有待进一步提高。

### 2.1.5 夜间室内外温差

室内外温差能较好的反映温室的保温性能,是衡量温室好坏的重要指标。日光温室白天有阳光照射,以蓄热为主,温室内温度上升较快;夜间依靠墙

体和地面放热来维持温室内的温度环境,因此,夜间室内外温差更能反映温室的蓄热保温性能。夜间室内外温差的统计时段为22:00—次日7:00。测试结果表明:日光温室夜间室内外日平均温差为 $11.2\sim 16.6^{\circ}\text{C}$ ,其中1月份温差最大,平均 $16^{\circ}\text{C}$ 左右,最高值为 $23.1^{\circ}\text{C}$ ,最低仅为 $6.7^{\circ}\text{C}$ (表6)。随着外界气温的升高,夜间室内外温差呈现减小的趋势。

从测试结果看,天津砖墙二代温室夜间平均室内外温差并未达到很多资料提到的 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的室内外温差<sup>[15]</sup>。这与统计时段的选择,测试地点的室外气温状况以及温室本身的结构、材料等有密切关系。

表6 天津西青砖墙二代温室夜间(22:00—7:00)室内外日平均温差

Table 6 Daily average temperature difference between indoor and outdoor of a second-generation brick-wall greenhouse  $^{\circ}\text{C}$

统计项目 Statistical Projects	2010年			2010—2011年			
	1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar	12月 Dec	1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar
最高值 Max	23.1	18.4	17.3	19.4	19.9	19.0	15.6
最低值 Min	6.7	7.9	6.0	5.3	9.4	6.5	5.5
平均值 Avg	16.6	14.2	11.2	11.9	15.6	12.1	11.2

### 2.1.6 典型天气条件下温室内外温度变化

为更清楚的显示日光温室室内热环境同室外气象条件的变化关系,以下对典型天气条件下温室内外温度的日变化进行分析。根据测试期间气象记录,2011-01-15—01-17为典型晴天条件;2010-01-03—01-05日为阴雨雪天气;2010-02-07—02-09为连阴天,针对这3种天气条件分析温室内外热环境变化。

1)典型晴天条件下温室内外温度变化。典型晴天条件下,日光温室室内温度变化趋势同室外一致,昼高夜低,白天升温幅度较大,夜间温度降低相对平缓,不随外界温度的波动而波动(图1)。温室内升温比室外快,达到日最高温的时间要早于室外,而降温则较慢,日最低温出现的时间较室外相对滞后。晴天条件下,室内温度的日变化情况为:夜间逐渐降低,在凌晨揭帘前后达到最低值,揭帘后温度逐渐升高,在正午前后达到最高值,而随着傍晚盖帘,温度有小幅回升,随后逐渐降低至次日揭帘,再达最低值,如此往复。

2)阴雨雪天气条件下温室内外温度变化。根据气象记录,2010-01-03—01-04,天津地区普降暴雪。01-03降雪,室外温度较高,白昼为 $-5^{\circ}\text{C}$ 左右,夜间

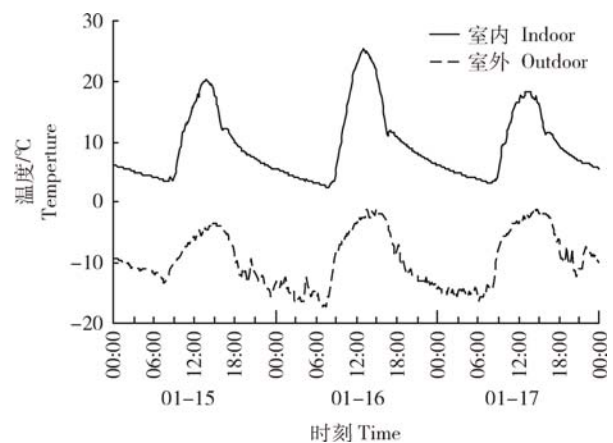


图1 典型晴天条件下天津砖墙二代温室温度日变化曲线(2011-01-15—01-17)

Fig. 1 Temperature diurnal variation of second-generation brick-wall greenhouse in Tianjin under typical clear day (15<sup>th</sup> to 17<sup>th</sup>, January, 2011)

有所降低,为 $-10^{\circ}\text{C}$ ,01-04凌晨降低到 $-20^{\circ}\text{C}$ ,而后略有升高,白天维持在 $-10^{\circ}\text{C}$ (图2)。此期间,室内温度一直维持在 $5^{\circ}\text{C}$ ,温度偏低,持续时间长达40 h,且室内外温差较小,仅 $10^{\circ}\text{C}$ 左右。01-04揭帘后,室内温度略有升高,但仍仅有 $13^{\circ}\text{C}$ 左右。01-05

天气状况恢复晴天,但温度偏低,最高仅-10℃,但室内温度随太阳辐射的增加,上升较快,最高温达28.7℃。

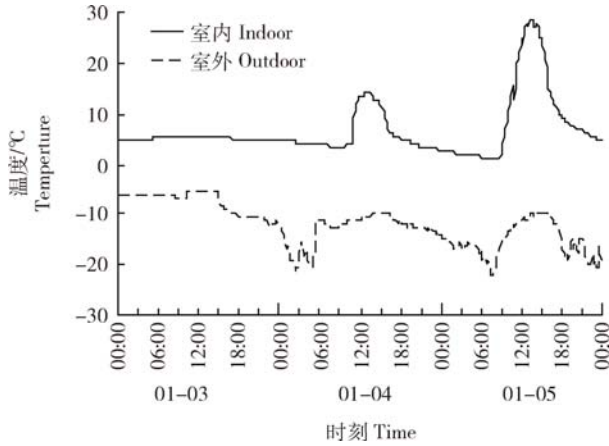


图 2 阴雨雪天(2010-01-03—01-05)条件下天津西青砖墙二代温室温度日变化曲线

Fig. 2 Temperature diurnal variation of Xiqing second-generation brick-wall greenhouse in Tianjin under rainy or snowy weather (3<sup>th</sup> to 5<sup>th</sup>, January, 2010)

3)连阴天条件下温室内外温度变化。连阴天条件下,室内外温度均变化较小(图 3),02-07—09 室外温度在-5℃~2℃之间波动,室内温度 02-07 和 08 在 7~10℃之间波动,大部分时间低于 10℃,02-09 白天随着太阳出现温度略有回升。室内外温差普遍较小,连阴天温差仅 10℃左右。

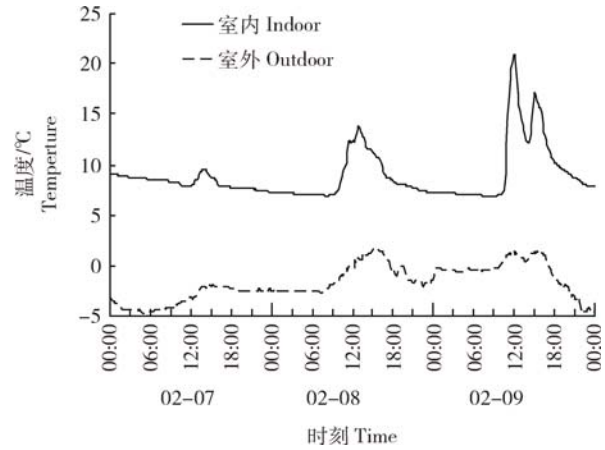


图 3 连阴天(2010-02-07—02-09)条件下天津西青砖墙二代温室温度日变化曲线

Fig. 3 Temperature diurnal variation of second-generation brick-wall greenhouse in Tianjin under successive overcast weather (7<sup>th</sup> to 9<sup>th</sup>, February, 2010)

## 2.2 温室湿度环境分析

### 2.2.1 室内外昼夜相对湿度

与温度数据处理方式相同,将室内两测点相同时刻测试数据的平均值作为该时刻温室内的湿度值,对测试数据逐月进行整理分析,取 11:00—15:00 值作为白昼相对湿度,19:00—次日 7:00 值作为夜间相对湿度。

由表 7 可知,天津地区室外白昼平均相对湿度为 16%~39%,夜间稍高,为 33%~66%。室内相对湿度高于室外,但由于白天揭帘通风,排除水汽,以及气温升高等原因,使室内相对湿度降低。室内

表 7 砖墙二代温室室内外日平均相对湿度

Table 7 Relative humidity of indoor and outdoor in a second-generation brick-wall greenhouse %

统计项目 Statistical Projects	2010 年				2010—2011 年			
	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar	
白天(11:00—15:00)室外 Outdoor in the daytime (11:00—15:00)	最高值 Max	93	84	99	99	47	86	39
	最低值 Min	14	12	13	13	13	13	10
	平均值 Avg	36	37	34	26	18	39	16
白天(11:00—15:00)室内 Indoor in the daytime (11:00—15:00)	最高值 Max	99	99	99	99	76	97	57
	最低值 Min	36	36	21	27	33	25	9
	平均值 Avg	66	67	47	50	47	54	26
夜间(19:00—7:00)室外 Outdoor at night (19:00—7:00)	最高值 Max	98	96	99	99	71	94	70
	最低值 Min	17	21	23	16	15	21	15
	平均值 Avg	56	64	62	47	33	66	37
夜间(19:00—7:00)室内 Indoor at night (19:00—7:00)	最高值 Max	99	99	99	99	99	99	99
	最低值 Min	99	99	97	98	96	97	74
	平均值 Avg	99	99	99	99	98	99	96

白昼平均相对湿度为 47%~67%，当外界干燥或温室密闭不严时可降低至 26%。如遇阴雨雪天不揭帘，相对湿度最高可达 99%。2010—2011 年的测试中，由于温室内采用无土栽培，室内相对湿度明显比上年低 10%左右。下午盖帘后，室内相对湿度迅速上升，夜间室内相对湿度在整个测试期间基本都高达 99%。这样的高湿环境，会使一些真菌类快速繁殖，增加疫病发生几率，引起植物病害。对于温室内种植的草莓来说，不同生育期对湿度要求不同，现蕾期 60%~80%，开花期 30%~50%，果实成熟期 60%~70%。特别是花期湿度过高，花药的开裂和花粉的萌芽就会受到抑制，甚至出现畸形果。由此可见，日光温室白天的湿度环境基本可以满足草莓现蕾及成熟期的生长需要，但夜间或遇连阴天则湿度过高；开花期温室湿度偏高。采用无土栽培后，温室湿度可明显降低，如 2011 年 3 月，湿度过低，反而对果实成熟不利。因此，温室湿度调控应结合植物生育期进行。

2.2.2 典型天气条件下温室内外湿度变化

1) 典型晴天条件下温室内外湿度日变化。典型晴天条件下，室内外相对湿度变化规律基本相同，夜高昼低。晴天室外相对湿度较低，呈现白昼变化较小、夜间湿度上升的规律(图 4)。室内相对湿度日变化规律为：夜间基本接近饱和状态，白天随着揭帘通风后开始下降，14:00 左右达最低值，而后开始回

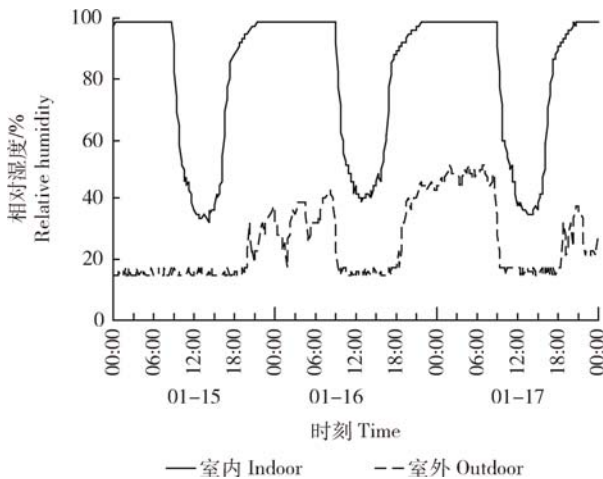


图 4 典型晴天(2011-01-15—01-17)条件下天津砖墙二代温室湿度日变化曲线

Fig. 4 Relative Humidity of diurnal variation in a second-generation brick-wall greenhouse in Tianjin under typical clear day (15<sup>th</sup> to 17<sup>th</sup>, January, 2011)

升，盖帘后上升较快，20:00—21:00 再次接近饱和，至次日揭帘再开始下降。典型晴天下，当温室揭帘与外界通风换气时，室内相对湿度可明显降低，高湿环境得到改善。

2) 阴雨雪及连阴天条件下温室内外湿度日变化。阴雨雪及连阴天条件下，室外相对湿度较高，近饱和状态，昼夜变化不大(图 5, 图 6)。而此时由于天气影响，太阳辐射很弱，外界温度偏低，为保持室

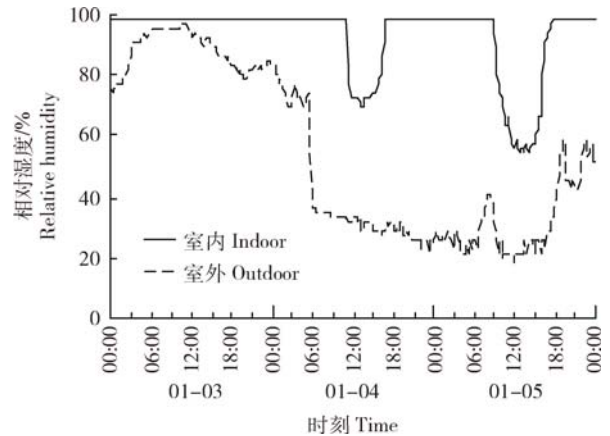


图 5 阴雨雪天(2010-01-03—01-05)气条件下天津西青砖墙二代温室湿度日变化曲线

Fig. 5 Relative Humidity diurnal variation of second-generation brick-wall greenhouse in Tianjin under rainy or snowy weather (3<sup>th</sup> to 5<sup>th</sup>, January, 2010)

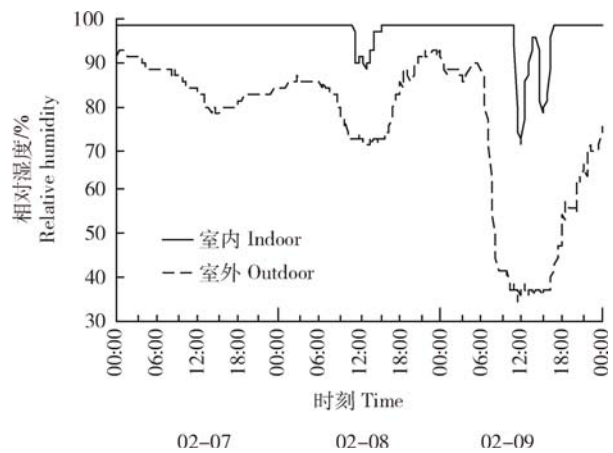


图 6 连阴天(2010-02-07—02-09)条件下天津西青砖墙二代温室湿度日变化曲线

Fig. 6 Relative Humidity of diurnal variation in a second-generation brick-wall greenhouse in Tianjin under successive overcast weather (7<sup>th</sup> to 9<sup>th</sup>, February, 2010)

内温度环境,导致无法揭帘或揭帘时间较短,因此室内相对湿度会一直处于接近饱和的状态,产生高湿环境,随着天气转晴,正常揭帘通风后,高湿环境可得到改善。

### 3 结论及建议

天津地区目前普遍使用的砖墙二代日光温室,通常情况下室内日平均气温为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,日最高气温为 $20\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,日最低气温为 $3.4\sim 12.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,室内夜间日平均气温 $6.3\sim 15.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,夜间室内外温差为 $11\sim 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,白昼相对湿度为 $47\%\sim 67\%$ ,夜间相对湿度近饱和,其热湿环境大多数情况下能够适宜喜温作物的生长,但12—02月期间仍存在日最低气温过低(1月份50%以上时间不足 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),夜间温度偏低(大部分时间夜间平均气温不超过 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),有时日最高气温过高(达 $30\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ )、以及相对湿度过高(花期白昼 $60\%\sim 70\%$ ,夜间近饱和)等不利因素。特别是雨雪天及连阴天夜间,室内温度通常不到 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最低时仅 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,且持续时间较长,室内外温差较小( $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ )这样会造成有些不耐低温植物的冷害。而高湿的环境,会影响植物授粉受精,同时利于真菌的生长,引起植物病害。

因此,日光温室如何提高夜间室内气温和降低湿度仍是需要研究解决的突出问题。针对天津砖墙二代温室,建议从以下几方面改善温室的热湿环境性能:

1)调整屋面角,采用新型高效棚膜,提高日光温室屋面透光性;

2)适当增加温室后墙厚度,选用更适宜的墙体材料,同时拉紧压膜线,注意接缝处的密闭性,以增强北墙接收太阳辐射的作用,增强围护结构的蓄热保温性能;

3)增挖防寒沟,加强地下土壤的保温蓄热性能;

4)通过合理通风、改良栽培方式等方法改善日

光温室的湿度环境。

并结合植物的生育期进行调控,以提高温室性能,使其更利于温室内植物的生长发育。此外结合天津的气候以及土地资源,也可以尝试对土墙下沉等温室类型进行改良引进。

### 参 考 文 献

- [1] 陈端生. 日光温室的温度环境[J]. 农村实用工程技术: 温室园艺, 2003(5): 26-28
- [2] 刘克长, 张继祥, 任宗兴. 日光温室气象条件的观测研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2001, 32(1): 50-54
- [3] 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
- [4] 赵统利, 朱朋波, 邵小斌, 等. 4种天气条件下日光温室主要环境因子的日变化比较[J]. 江苏农业科学, 2008(2): 217-220
- [5] 佟国红, 李天来, 王铁良, 等. 大跨度日光温室室内微气候环境测试分析[J]. 华中农业大学学报, 2004(增刊): 67-73
- [6] 车忠仕, 佟国红, 王铁良, 等. 典型天气下大跨度日光温室内的微气候特点[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(4): 462-465
- [7] 杨艳超. 山东省日光温室小气候条件模拟研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2009
- [8] 柳芳, 王铁, 刘淑梅. 天津市二代节能型日光温室内部温湿度预测模型[J]. 中国农业气象, 2009, 30(增1): 86-89
- [9] 李元哲, 吴德让, 于竹. 日光温室微气候的模拟与实验研究[J]. 农业工程学报, 1994, 10(1): 130-136
- [10] 陈青云, 汪政富. 节能型日光温室热环境的动态模拟[J]. 中国农业大学学报, 1996, 1(1): 67-72
- [11] 孟力力, 杨其长, Gerard P A Bot, 等. 日光温室热环境模拟模型的构建[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 164-170
- [12] 马承伟, 韩静静, 李睿. 日光温室热环境模拟预测软件研究开发[J]. 北方园艺, 2010(15): 69-75
- [13] 徐凡, 刘洋, 马承伟. 天津地区典型日光温室使用现状调查[J]. 北方园艺, 2010(15): 19-24
- [14] 段若溪, 姜会飞. 农业气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 230
- [15] 王树忠. 北京节能型日光温室结构及性能[J]. 中国蔬菜, 1995(3): 37-40

责任编辑: 刘迎春