

# 北京地区典型日光温室冬季环境测试分析

何 芬<sup>1,2</sup>, 富建鲁<sup>1,2</sup>, 尹义蕾<sup>1,2</sup>, 丁小明<sup>1,2</sup>, 李 亭<sup>3</sup>

(1. 农业部规划设计研究院, 北京 100125; 2. 农业部农业设施结构工程重点实验室, 北京 100125; 3. 北京康顺达农业科技有限公司, 北京 101599)

**摘 要:**以北京地区典型日光温室为试验设施,在冬季最寒冷时段对其室内外环境进行了测试,探讨了晴天、阴天下温室内部温湿度、土壤温度等环境因子的日变化规律,分析了日光温室围护结构的保温性能,提出了解决不利生产环境条件的方法和建议,以期为北京地区日光温室的建造设计、室内环境因子的合理调控以及作物生产管理提供理论基础。

**关键词:**日光温室;温度;相对湿度;土壤温度;北京

**中图分类号:**S 625.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0051-03

北京市发展设施农业具备良好的自然条件、强烈的社会需求和悠久的发展历史。截止 2013 年,日光温室面积达到 15 845.2 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>,占全国日光温室总面积的 2.4%,蔬菜自给率为 28%。为满足市民对新鲜蔬果的需求,提高蔬菜自给能力,北京 2008 年发布了“北京市人民政府关于促进设施农业发展的意见”、2013 年规划建设“一带三园”,确保“十二五”末期蔬菜年产量达 450 万 t,自给率提至 35%。为保证这些政策的实施,北京市设施园艺科研工作者积极探索适合当地气候特点的日光温室结构类型,开展种植栽培技术<sup>[2-3]</sup>、环境模拟<sup>[4-5]</sup>等方面的研究。目前,北京市日光温室主要以钢砖和简易型日光温室为主,前者占 80%以上<sup>[6]</sup>。为探讨钢砖结构这种主流日光温室内的环境情况和生产性能,该文在冬季室外环境条件最差的季节连续测定了不同天气条件下温室内的温湿环境变化,以期为这种温室冬季运行的作物栽培管理提供了依据,也为后续改进温室结构和提高温室性能奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设施

试验日光温室(图 1)位于北京密云县(东经 116.83°,北纬 40.37°)。温室坐北朝南,长度 50 m,跨度 7.2 m,后墙为 490 mm 厚砖墙,高 2.3 m,脊高 3.3 m。温室前屋面覆盖 40 mm 厚的保温被,卷放时间分别为 7:30—8:00、16:00—16:30,室内种植黄瓜(2014 年 11 月 4 日定植),滴灌。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 测试时间与参数

测试时间为 2014 年 12 月 20

日 20:00 至 2015 年 1 月 20 日 20:00。测试参数包括室外气象参数和室内环境参数,其中室外气象参数包括室外温度、相对湿度、风速、太阳总辐射;室内环境参数包括室内气温、室内土壤温度、空气相对湿度。

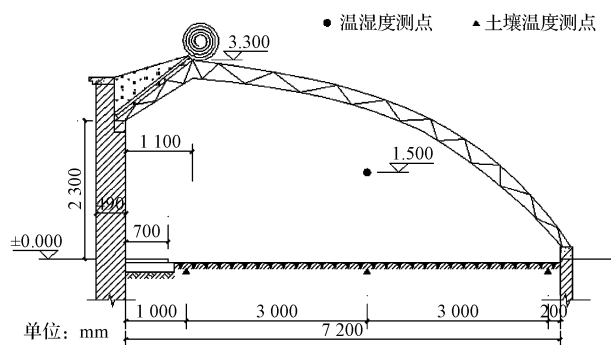


图 1 试验温室

1.2.2 测试仪器与位置 室外气象因子由美国产 Vantage Pro2 室外气象站监测,布置在距离试验温室北 30 m 处,传感器距离地面 3.0 m。温室内的空气温度和湿度由日本产 TR-72U 温湿度记录仪测定;土壤温度由中国产的 TJ1 智能土壤温度记录仪测定。室内空气温湿度测点沿温室长度方向布置在温室跨度方向的中部,分别位于温室长度方向的中部和距离温室东、西山墙各 10 m 处,距地面高度 1.5 m,共 3 组测点。土壤温度传感器布置在温室跨度方向的中部、南部温室底角及北部,分别位于温室长度方向的中部和距离温室东、西山墙各 10 m 处,埋设深度 15 cm,共 9 个测点,如图 1 所示。测量数据的采样间隔均为 10 min。

## 2 结果与分析

### 2.1 室内外整体温湿环境

测试时段为北京冬季最寒冷时段,室内外温湿度的变化如图 2 所示。期间,室外气温在 -6.4~16.0℃,而室内在无辅助加温的情况下最高、最低温度分别为

**第一作者简介:**何芬(1980-),女,江西宜春人,博士,高级工程师,现主要从事设施园艺工程等研究工作。E-mail:hefen\_2005@163.com。

**责任作者:**丁小明(1976-),男,山东泰安人,硕士,高级工程师,现主要从事设施农业等研究工作。E-mail:dingxmcn@qq.com。

**基金项目:**国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2014BAD08B02)。

**收稿日期:**2015-05-25

34.2℃(2015-01-19 12:20)和 6.6℃(2015-01-16 6:00)。而室内 15 cm 深土壤温度为 12.7~20.5℃,平均值为 17.5℃,其变化幅度较空气温度小。室外相对湿度变化为 9%~83%,室内相对湿度为 31%~100%。且室内相对湿度在夜间大部分处于 90%~100%,平均时间达到 7 h 以上,增大作物病害发生的概率。温室内外温差变化范围为 7.6~27.8℃,表明测试用日光温室的保温效果

一般。测试期间多为晴天,室内温度较高,对黄瓜等冬季不耐低温作物生长有利,如连续晴天(2014-12-20—2015-01-09),室内平均温度达到 16.2℃。室内较不利天气出现在 2015-01-11—2015-01-16,该段时间北京为连续雾霾天,从图 2 可以看出,该段时间室内外温度均较低,平均温度仅 14.3℃,而相对湿度长期处于饱和状态,非常不利于作物的生长及病害防治。

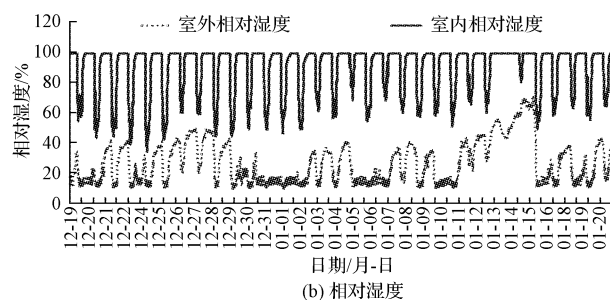
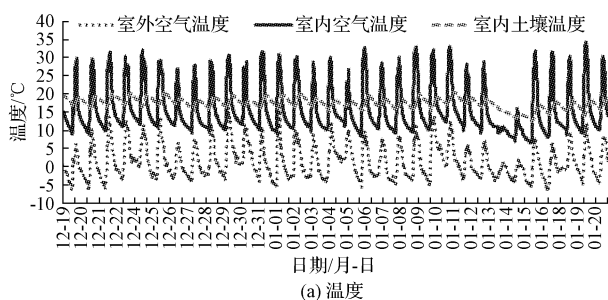


图2 室内外温湿度环境

统计夜间(每天 20:00—次日 8:00)的极端温度值,如图 3 所示。空气温度夜间最低值为 6.6℃,平均值为

15℃;土壤温度夜间最低值为 12.7℃,平均值为 17.5℃。

## 2.2 典型天气条件下室内温湿度环境分析

分析 2 种典型天气条件下日光室内温湿度环境:①连续晴天中的一天(2014-12-31);②连续阴天中的一天(2015-01-15)。从图 4 可以看出,一天之中,室内最高温度出现在 14:00 左右,晴天室内最高温度达到 30.4℃,阴天仅为 15.2℃。晴天室内空气温度较阴天平均高 6.6℃,相对湿度低 10%。

由图 5 可知,土壤温度在 8:00—10:00 达到最低值,主要原因是土壤在夜间会持续放热,早晨卷被前基本达到最低点,之后有太阳辐射才缓慢上升。晴天的土壤温度最高可达 19.5℃,阴天为 14.95℃。晴天室内土壤温度较阴天平均高 3.6℃。

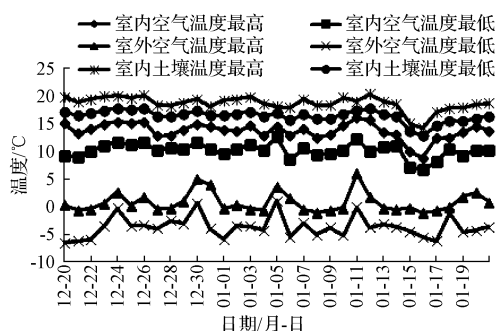
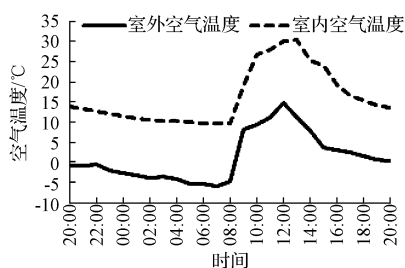
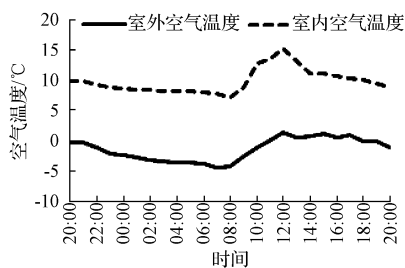
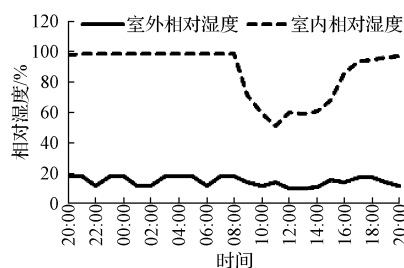


图3 夜间温度环境变化



(a)晴天(2014-12-31)



(b)阴天(2015-01-15)

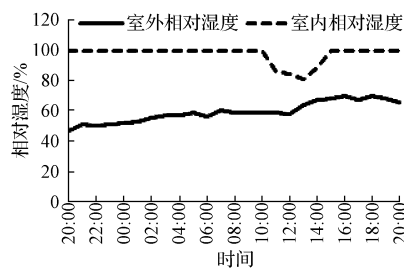


图4 典型天气条件下室内外温湿度环境

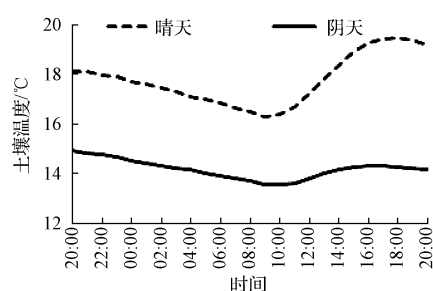


图5 典型天气条件下室内土壤温度环境

### 3 讨论与结论

测试期间室内外平均温度为 15.8℃ 和 1.4℃,室内最高温度为 34.2℃,最低温度为 6.6℃。夜间不加温条件下,日光温室内外温差可达 9.3~16.2℃。可见,该温室整体温度环境一般,特别是夜间保温效果较差;在连续阴天下,室内温度下降明显。根据热阻计算公式得到后墙、后屋面的热阻为 0.77、2.6 m<sup>2</sup>·K·W<sup>-1</sup>。当室外实际温度为 -12℃ 时,后墙、后屋面的最低热阻值分别要达到 1.4 m<sup>2</sup>·K·W<sup>-1</sup> 和 2.5 m<sup>2</sup>·K·W<sup>-1</sup>。由此可见,日光温室的后墙热阻值达不到要求。后墙平均厚度需增至 1.0 m 才可达到标准中的要求。

北京日光温室常见种植的蔬菜有黄瓜、番茄、辣椒、茄子,这些作物均属于喜温作物,种植所需的最低温度为 10~15℃、最低土壤温度为 8~14℃<sup>[7]</sup>,根据所测试环

境数据,该种温室的空气温度达不到作物所需最低要求。由此在遭遇连续阴雪、雾霾天等不利天气条件时需对温室进行临时加温,以提高室内空气温度,避免作物受到冷害的侵袭。

基于对北京典型钢砖结构日光温室在冬季最冷时段的室内外环境的测试和分析,建议将温室后墙平均厚度增厚至 1.0 m 以增加日光温室墙体保温性。冬季日光温室不加温的条件下,适合种植耐寒作物,如叶菜和草莓等;不适宜种植喜温蔬菜,如黄瓜等。连续阴天下,应增加各种临时补光和加温措施,以避免室内温度和土温持续下降对作物生长造成冻害。

### 参考文献

- [1] 农业部农业机械化推广司. 2013 年全国农业机械化统计年鉴[M]. 北京:中国机械工业出版社,2013.
- [2] 陈春秀,王宝驹,刘明池. 北京地区冬春茬日光温室粉果番茄品种比较试验[J]. 北方园艺,2012(7):40-41.
- [3] 韩向阳,张宝海. 北京地区日光温室蔬菜一年三茬高效栽培模式[J]. 中国蔬菜,2005(12):52-53.
- [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] 孙忠富,李佑祥,吴毅明,等. 北京地区典型日光温室直射光环境的模拟与分析:设施农业光环境模拟分析研究之四[J]. 农业工程学报,1993,9(2):45-51.
- [6] 周长吉. 中国设施园艺-全国设施园艺生产调研报告[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
- [7] 马承伟,苗香雯. 农业生物环境工程[M]. 北京:中国农业出版社,2005.

## Solar Greenhouse Environment Test and Analysis in Winter of Beijing

HE Fen<sup>1,2</sup>, FU Jianlu<sup>1,2</sup>, YIN Yilei<sup>1,2</sup>, DING Xiaoming<sup>1,2</sup>, LI Ting<sup>3</sup>

(1. Chinese Academy of Agricultural Engineering, Ministry of Agriculture, Beijing 100125; 2. Key Laboratory of Farm Building in Structure and Construction, Ministry of Agriculture, Beijing 100125; 3. Beijing Kang Shun Da Agricultural Science and Technology Limited Company, Beijing 101599)

**Abstract:** To provide theory instruction for solar greenhouse design and construction, environment reasonable control and crop growing, the environment of typical solar greenhouse in Beijing was tested in the coldest time of winter. The day change of air temperature, solar radiation and soil temperature was discussed under the weather of sunny and cloudy, and the heat preservation of solar greenhouse enclosure structure was analyzed. Lastly, some suggestions and methods were put forward to solve the bad weather's influence on crop in order to provide guidance for design of greenhouse, regulating environment factors, managing crop production.

**Keywords:** solar greenhouse; air temperature; relative humidity; soil temperature; Beijing