

# 宁夏沙漠非耕地内置保温被日光温室环境测试评价

高艳明<sup>1</sup>, 魏鑫<sup>1</sup>, 利继东<sup>2</sup>, 李建设<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏中卫新阳光农业科技有限公司, 宁夏 中卫 755000)

**摘 要:**为探索适宜宁夏沙漠非耕地建造的日光温室结构,对现有日光温室进行结构创新,构建了双拱架内置保温被结构,对优化及对照温室内空气温度、空气湿度、露点温度、土壤 10 cm 处温度及光照强度等指标进行测试分析,得出了优化温室结构优势性。结果表明:优化温室较普通结构温室可有效提高空气温度 2.48℃,降低相对湿度 7.52%,提高露点温度 1.96℃,提高土壤温度 2.03℃。优化温室月均透光率为 56.70%,较对照温室低 13.55%。优化温室可有效提高室内空气温度和土壤温度,有效保障 0℃以上的露点温度,避免作物发生冻害,实现作物在沙漠非耕地安全越冬生产。

**关键词:**日光温室;环境测试;非耕地;内置保温被

**中图分类号:**S 626.5(243) **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0047-06

我国现有耕地 1.33 亿  $\text{hm}^2$ , 人均仅 0.1  $\text{hm}^2$ , 85% 以上的土地资源为非耕地资源<sup>[1]</sup>, 其中沙漠和戈壁更是占据大多数。宁夏拥有耕地面积 126.7 万  $\text{hm}^2$ , 人均 0.23  $\text{hm}^2$ , 非耕地面积则达 297.4 万  $\text{hm}^2$ <sup>[2]</sup>, 非耕地资源极为丰富。因此, 大力发展非耕地农业成为当下热门研究方向。

由于北方冬季气温过低, 设施农业在北方冬季运用较为广泛, 设施栽培可有效提高环境温度保证作物安全越冬生产。研究者们针对温室后墙材料、温室参数进行新建设计, 以期得到最因地制宜的温室结构, 为当地设施农业提供技术支持。叶林等<sup>[3]</sup>对宁南山区温室结构进行新建设计。多数研究针对不同地区, 结合当地气候和地理条件创新或新建日光温室结构并对其进行环

境测试分析<sup>[4-5]</sup>, 但基于沙漠非耕地环境下的温室结构探索改进及温室建造研究较少, 且由于沙子比热容较大, 随外界环境温度变化较大, 表现为白天温度上升快、夜间温度下降多等特点, 对日光温室夜间保温性能要求更为严格, 因此该研究致力于在沙漠非耕地环境下, 创新现有温室结构, 并对其进行环境测试, 对比分析该温室结构是否具有增温、保温能力, 以期与当地非耕地温室建造提供可参考温室结构。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以当地普遍应用的日光温室为对照: 后墙高 2.2 m, 材料为 45 cm 草垛 + 40 cm 空心砖, 跨度 8.5 m, 脊高 4 m; 优化温室则是在对照温室基础上进行结构创新: 温室分为内外 2 部分结构, 内层温室后墙采用 1.9 m 高、60 cm 厚的草垛进行围护, 跨度 9.4 m, 其余参数与对照温室一致; 除此之外, 加设外层钢架结构使温室前屋面保温被内置并对外层结构进行双层薄膜覆盖, 同时将后墙加高至 5 m, 用 15 cm 苯板彩钢板对后墙外部进行覆盖。外增设结构在白天接受太阳辐射同时, 夜间起到二次增温保温作用。详细参数见图 1~2。

**第一作者简介:**高艳明(1963-), 女, 宁夏石嘴山人, 硕士, 教授, 现主要从事设施蔬菜无土栽培与营养施肥等研究工作。E-mail: myangao@163.com.

**责任作者:**李建设(1963-), 男, 河北藁城人, 博士, 教授, 现主要从事设施蔬菜栽培与生理等研究工作。E-mail: jslinxcn@163.com.

**基金项目:**国家公益性行业(农业)科研专项重大资助项目(201203002)。

**收稿日期:**2016-09-27

**Abstract:** Coconut coir substrate technique of tomato inside glasshouse in northwestern Shandong Province were recommended, including induced species selection, raising seedling, transplanting, engraftment after previous management, plant management of middle and late, disinfection and the content of nutrient management etc. Coconut coir substrate technique of tomato inside glasshouse in northwestern Shandong Province would offer some useful experience, which was important to the deeper research.

**Keywords:** tomato; glasshouse; coconut coir; cultivation technique; northwestern Shandong Province

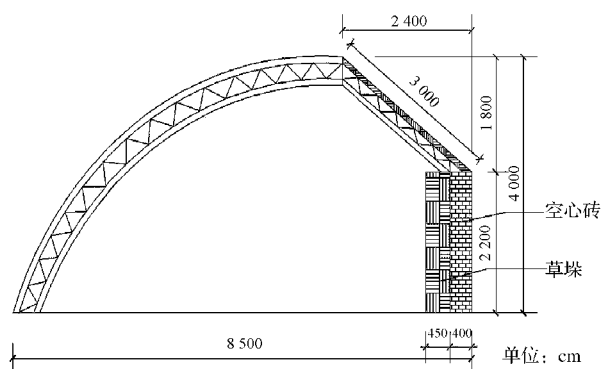


图1 对照温室结构剖面

Fig.1 Sectional drawing of control greenhouse

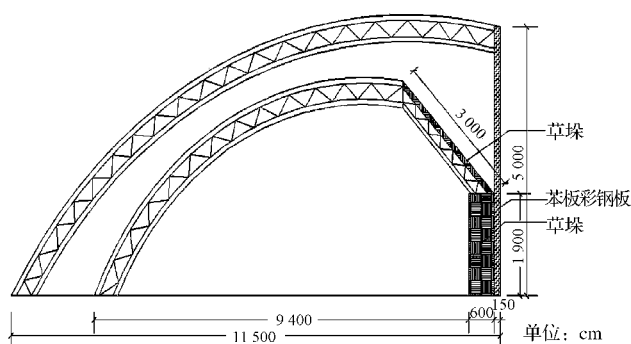


图2 优化温室结构剖面

Fig.2 Sectional drawing of optimizational greenhouse

表1 不同日光温室墙体材料组成

Table 1 Composition of wall materials in different solar greenhouse

温室 Sunlight greenhouse	墙体厚度 Thickness of wall /cm	墙体组成(由内至外) Structure of wall (from the inner to outer)
优化温室 Optimized greenhouse	60	草垛+苯板彩钢板
对照温室 Control greenhouse	85	草垛+空心砖

## 1.2 试验方法

试验于2015年12月4日至2016年3月17日在宁夏中卫市沙坡头区迎水桥镇姚滩村进行。采用由国家农业信息化工程技术研究中心提供的“温室娃娃”智能环境信息监测系统,该系统配备了温湿度露点传感器、土壤温度传感器、光照强度传感器。测试仪器均放置在温室内长、跨度1/2处,每隔15 min记录1次数据。

## 1.3 项目测定

测定温室内距地面1.5 m处空气温度、湿度、光照强度,土壤10 cm处温度等环境因子,最终选取优化温室和对照温室典型晴天(1月24日)和典型阴天(1月22日)环境指标变化,并分析得到温室内环境指标日变化和月变化<sup>[6-8]</sup>,得出优化温室与对照温室环境指标差异。

## 1.4 数据分析

采用Excel软件对数据进行处理与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同结构日光温室空气温度差异对比

不同温室内空气温差达到3℃左右会对作物的生理指标、产量、品质等产生较大影响<sup>[9]</sup>。温度过高使作物光合速率降低,有机物质积累量减少,降低品质;温度过低作物生长不良,植株瘦弱黄化。由图3~4可知,随着白天时间后移太阳辐射强度逐渐增大。室内温度开始升高,到中午太阳辐射强度逐渐达峰值,此时环境内温度过高,需要开启通风口进行通风降温,但随着温室内通风口的开启环境温度逐渐下降,15:00左右关闭通风口后环境温度出现小幅上升,之后随室外温度降低而降低,因此温室内温度日变化呈双峰型。典型晴天优化温室空气温度为12.56℃,较对照温室高3.21℃;典型阴天优化温室为7.79℃,较对照温室高3.20℃。由图5可以看出,优化后温室较对照结构温室可有效提高空气温度2.48℃,均温达到15.54℃;在最低温度月变化中优化温室同样优于对照温室,由图6可知,优化温室最低温度均高于对照温室,达到7.93℃,较对照温室高1.49℃。而室外空气温度日变化明显呈单峰型。

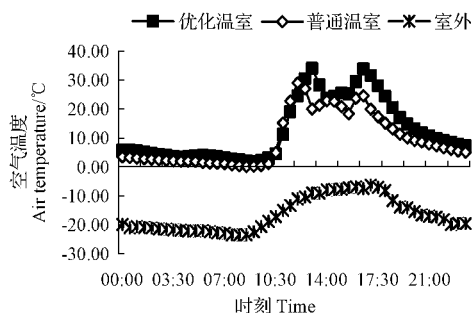


图3 不同温室空气温度日变化(晴天1月24日)

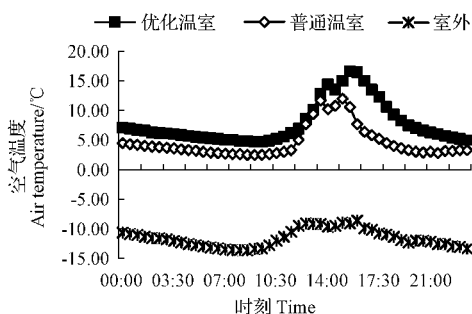
Fig.3 Changes in each day of air temperature in different sunlight greenhouse(sunny of 24<sup>th</sup> January)

图4 不同温室空气温度日变化(阴天1月22日)

Fig.4 Changes in each day of air temperature in different sunlight greenhouse(cloudy of 22<sup>th</sup> January)

不论日变化还是月均值变化,优化温室内空气温度均高于对照温室,说明采用较对照温室加高并增加前屋面薄膜覆盖,可有效提高温室内温度,提供作物良好的

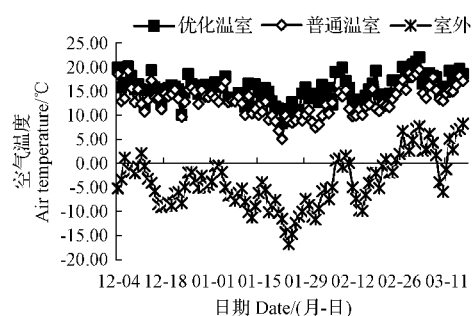


图5 不同温室空气温度月变化

Fig. 5 Monthly changes of air temperature in different sunlight greenhouse

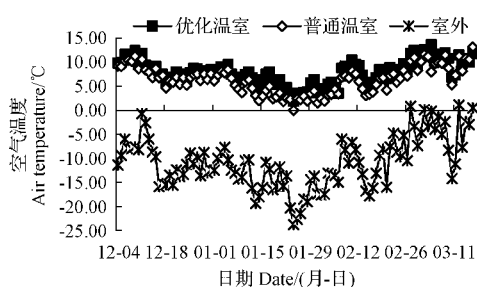


图6 不同温室最低空气温度月变化

Fig. 6 Monthly changes of minimum air temperature in different sunlight greenhouse

生长环境。

## 2.2 不同结构日光温室空气湿度差异对比

由于和空气温度变化成反比,随着环境温度升高,相对空气湿度逐渐降低,从侧面反映空气温度变化规律。空气湿度过低,蒸腾速率过大,导致气孔关闭,直接影响作物的光合速率;空气湿度过高,植株主动吸水速率降低,作物生长缓慢,且易发生病害。从图7可以看出,由于对照温室温度较低,因此相对湿度表现较高,在空气湿度日变化中,其最大值出现在07:00左右,随着太阳升起温度升高,相对湿度逐渐降低,在正午达到谷值,之后随温度降低而逐渐升高。且晴天相对湿度低于阴天。典型晴天下优化温室相对湿度为77.24%,较对照

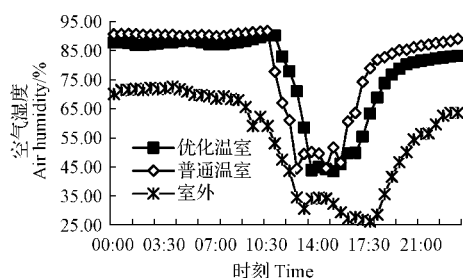


图7 不同温室空气湿度日变化(晴天1月24日)

Fig. 7 Changes in each day of air humidity in different sunlight greenhouse(sunny of 24<sup>th</sup> January)

温室低2.81%;典型阴天(图8)条件下,优化温室相对湿度为88.86%,较对照温室低2.56%。室外由于空气含水量低,气温低导致饱和含水量低,相对湿度含量较室内含量差异大,数值低。在空气湿度月变化中(图9),优化温室相对湿度为74.36%,较对照温室低7.52%;由图10可知,优化温室最高空气湿度为87.71%,较对照温室低5.2%。

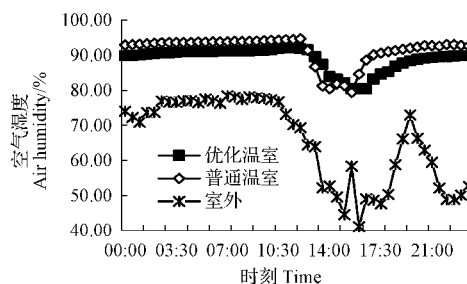


图8 不同温室空气湿度日变化(阴天1月22日)

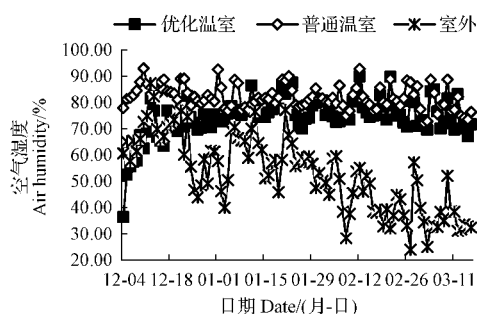
Fig. 8 Changes in each day of air humidity in different sunlight greenhouse(cloudy of 22<sup>th</sup> January)

图9 不同温室空气湿度月变化

Fig. 9 Monthly changes of air humidity in different sunlight greenhouse

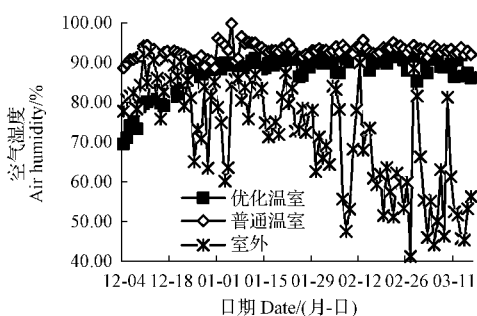


图10 不同温室最高空气湿度月变化

Fig. 10 Monthly changes of maximum air humidity in different sunlight greenhouse

## 2.3 不同结构日光温室露点温度差异对比

露点在零度以下会形成霜冻,危害作物生长。由图11~12可以看出,温室露点温度日变化和气温变化趋势基本一致,但优化温室露点温度高于对照温室,对照温

室露点温度最小值在  $0^{\circ}\text{C}$  左右变化,此时较易形成霜冻危害作物生长。典型晴天优化温室露点温度为  $8.14^{\circ}\text{C}$ ,较对照温室高  $2.5^{\circ}\text{C}$ ;典型阴天优化温室露点温度为  $6.06^{\circ}\text{C}$ ,较对照温室高  $2.76^{\circ}\text{C}$ 。在露点温度月变化(图 13)中看到,2 个温室均值变化都在  $0^{\circ}\text{C}$  以上,优化温室月均值为  $10.23^{\circ}\text{C}$ ,较对照温室高  $1.96^{\circ}\text{C}$ 。但最低温月变化中(图 14),对照温室露点温度在  $0^{\circ}\text{C}$  左右的天数较优化温室多,说明对照温室更容易使作物出现冻害;优化温室露点温度最低温均值为  $5.22^{\circ}\text{C}$ ,较对照温室高  $1.65^{\circ}\text{C}$ 。室外露点温度均在  $0^{\circ}\text{C}$  以下,在清晨太阳升起前极易形成霜冻,因此该时间段内室外无法种植作物。

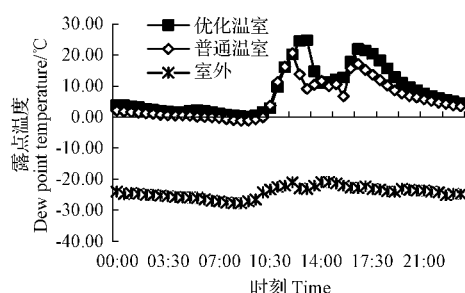


图 11 不同温室露点温度日变化(晴天 1 月 24 日)

Fig. 11 Changes in each day of dew point temperature in different sunlight greenhouse(sunny of 24<sup>th</sup> January)

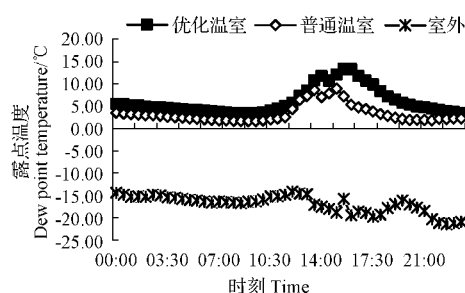


图 12 不同温室露点温度日变化(阴天 1 月 22 日)

Fig. 12 Changes in each day of dew point temperature in different sunlight greenhouse(cloudy of 22<sup>th</sup> January)

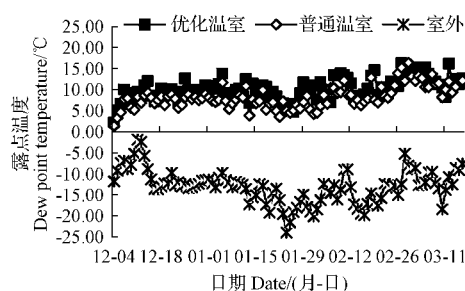


图 13 不同温室露点温度月变化

Fig. 13 Monthly changes of dew point temperature in different sunlight greenhouse

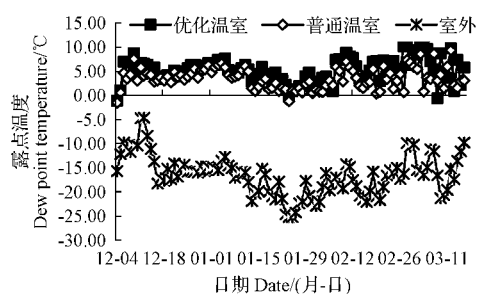


图 14 不同温室最低露点温度月变化

Fig. 14 Monthly changes of minimum dew point temperature in different sunlight greenhouse

## 2.4 不同结构日光温室土壤温度差异对比

根系作为作物吸收水分和营养物质的重要器官,对作物生长起着至关重要的作用<sup>[10]</sup>,而其中温度就是极其重要的一个指标。土壤温度的高低影响着作物的代谢和果实产量、品质<sup>[11]</sup>。由图 15~18 可以看到,3 条曲线变化趋势基本一致,不论日变化还是月变化优化温室土壤温度均高于对照温室。由图 17 可知,优化温室土壤温度月均值达  $16.84^{\circ}\text{C}$ ,较对照温室高  $2.03^{\circ}\text{C}$ ;室外土壤温度月均值则为  $-1.03^{\circ}\text{C}$ ,差异较大;优化温室的最低土壤温度为  $13.26^{\circ}\text{C}$ ,较对照温室高  $1.38^{\circ}\text{C}$ 。而从图 15~16 可以看出,土壤温度日变化则呈现典型的单峰

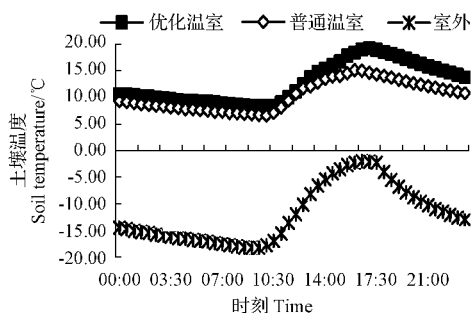


图 15 不同温室土壤温度日变化(晴天 1 月 24 日)

Fig. 15 Changes in each day of soil temperature in different sunlight greenhouse(sunny of 24<sup>th</sup> January)

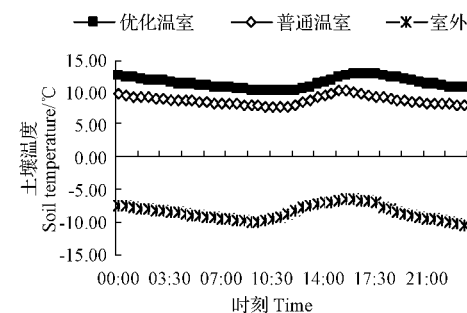


图 16 不同温室土壤温度日变化(阴天 1 月 22 日)

Fig. 16 Changes in each day of soil temperature in different sunlight greenhouse(cloudy of 22<sup>th</sup> January)

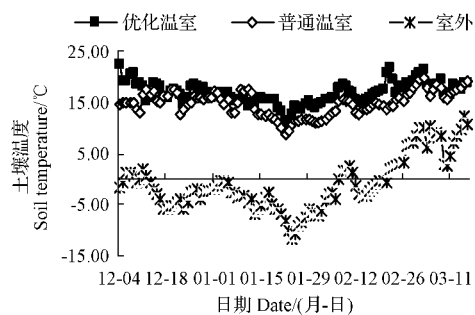


图 17 不同温室土壤温度月变化

Fig. 17 Monthly changes of soil temperature in different sunlight greenhouse

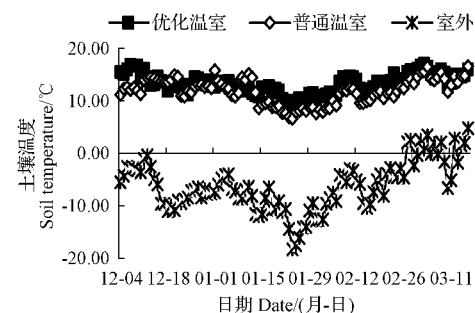


图 18 不同温室最低土壤温度月变化

Fig. 18 Monthly changes of minimum soil temperature in different sunlight greenhouse

型,土壤温度随着外界环境温度升高而升高,在正午达峰值后随空气温度降低而降低。典型晴天下优化温室土壤温度为 12.70 °C,较对照温室高 2.32 °C;典型阴天下优化温室土壤温度为 11.16 °C,较对照温室高 2.64 °C。优化温室较对照温室可有效提高土壤温度。

## 2.5 不同结构日光温室光照强度差异对比

光照强度的大小直接影响作物的生长生理和光合作用,导致作物的产量品质差异。弱光引起作物矮小、长势弱、黄化、生长期延长、产量品质差<sup>[12]</sup>;强光会引起作物日灼现象,叶片叶绿素含量降低光合速率减慢植株黄化。光照强度日变化呈波动变化,在典型晴天下(图 19),随太阳辐射增大而逐渐增强,在正午达峰值后开始下降。典型晴天优化温室透光率为 58.15%,较对照温室低 15.72%;典型阴天下(图 20),优化温室透光率为 36.45%,较对照温室低 19.00%。由图 21 可以看出,温室内光照强度变化随室外光强变化趋势一致,室外月均光强为 13.95 klx,由于优化温室较对照温室前屋面覆盖层数多,月均透光率为 56.70%,较对照温室低 13.55%;最大光照强度月变化(图 22)对照温室同样高于优化温室,对照温室最大光强透光率为 65.09%,较优化温室高 20.43%。尽管新建后温室透光率整体较对照温室低,但光照强度值仍可满足作物的正常生长,为作物良好生长奠定基础。

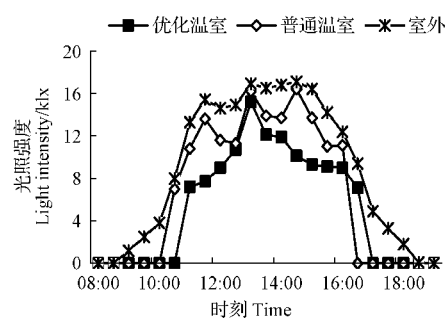


图 19 不同温室光照强度日变化(晴天 1 月 24 日)

Fig. 19 Changes in each day of light intensity in different sunlight greenhouse(sunny of 24<sup>th</sup> January)

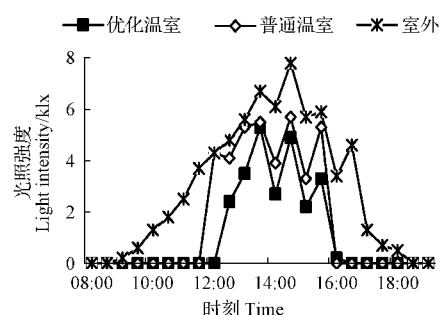


图 20 不同温室光照强度日变化(阴天 1 月 22 日)

Fig. 20 Changes in each day of light intensity in different sunlight greenhouse(cloudy of 22<sup>th</sup> January)

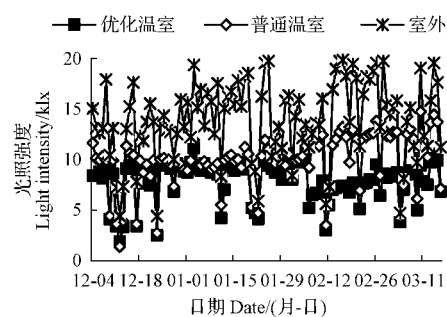


图 21 不同温室光照强度月变化

Fig. 21 Monthly changes of light intensity in different sunlight greenhouse

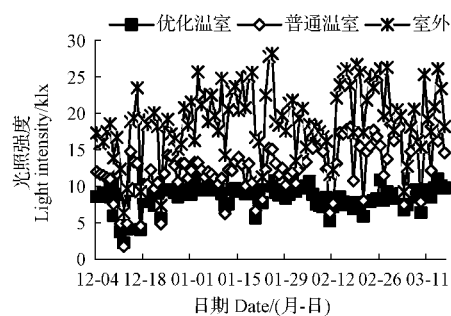


图 22 不同温室最大光照强度月变化

Fig. 22 Monthly changes of maximum light intensity in different sunlight greenhouse

### 3 结论

优化温室较对照可有效提高空气温度 2.48℃,较对照温室提高最低空气温度 1.49℃;相对湿度较对照温室低 7.52%;最高空气湿度较对照温室低 5.2%。露点温度较对照温室高 1.96℃。优化温室露点温度最低温均值为 5.22℃,较对照温室高 1.65℃。优化温室土壤温度月均值达 16.84℃,较对照温室高 2.03℃;室外土壤温度月均值则为 -1.03℃,差异较大;优化温室的最低土壤温度为 13.26℃,较对照温室高 1.38℃。优化温室月均透光率为 56.70%,较对照温室低 13.55%。综合以上 5 个环境指标,优化温室可有效提高室内空气温度和土壤温度,有效保障 0℃以上的露点温度,避免作物发生冻害,尽管光照强度较低,但其值仍可满足作物的正常生长,为作物良好生长奠定基础。因此通过对普通日光温室外围增设结构这样的措施,在沙漠非耕地冬季环境下,可有效提高温室内温度,为作物良好生长提供适宜环境。

#### 参考文献

- [1] 黄利. 宁夏非耕地日光温室结构与建造现状及对策探讨[D]. 银川: 宁夏大学, 2013.
- [2] 黄利, 李建设, 高艳明. 宁夏非耕地建设现状及对策研究[J]. 北方园艺, 2013(13): 45-50.
- [3] 叶林, 李建设, 张光弟, 等. 宁南山区经济节能型日光温室新建选型研究[J]. 新疆农业科学, 2014, 51(6): 1022-1027.
- [4] 王妍. 宁夏日光温室结构新建及性能分析[J]. 宁夏农林科技, 2009(5): 6-7.
- [5] 吴春玲, 庄玉秀, 杨振华, 等. 中卫市沙漠日光温室的建造与保温效果[J]. 中国蔬菜, 2011(15): 54-56.
- [6] 高艳明, 汪洋, 黄利, 等. 宁夏非耕地沙漠新建日光温室性能分析[J]. 北方园艺, 2014(22): 44-47.
- [7] 高艳明, 汪洋, 李建设. 宁夏地区 PC 耐力板日光温室建造与性能初探[J]. 北方园艺, 2015(15): 45-48.
- [8] 魏鑫, 王继涛, 金鑫, 等. 宁夏后墙主动蓄热第三代日光温室环境性能测试研究[J]. 广东农业科学, 2015(18): 157-162.
- [9] 房世波, 沈斌, 谭凯炎, 等. 大气 CO<sub>2</sub> 和温度升高对农作物生理及生产的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(5): 1116-1124.
- [10] CEDRICK M, ALAN W, SYLWIA S, et al. The Whats, the Wheres and the Hows of strigolactone action in the roots[J]. Planta, 2016(6): 1327-1337.
- [11] 胡广荣, 王琦, 宋兴阳, 等. 沟覆盖材料对垄沟集雨种植土壤温度、作物产量和水分利用效率的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016(5): 590-599.
- [12] 王峰嵘, 魏建荣, 周兴华, 等. 不同光照强度对烤烟生长及品质的影响[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(2): 14-20.

## Environmental Testing and Evaluation on Sunlight Greenhouse of Built-in Thermal Insulation in Ningxia Non-cultivated Desert Land

GAO Yanming<sup>1</sup>, WEI Xin<sup>1</sup>, LI Jidong<sup>2</sup>, LI Jianshe<sup>1</sup>

(1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Xinyangguang Centre of Agricultural Science and Technology Co. Ltd., Zhongwei, Ningxia 755000)

**Abstract:** In order to explore the appropriate structure of sunlight greenhouse in Ningxia non-cultivated desert land, innovated the structure of existing greenhouse, which was a structure of built-in thermal insulation in double arch and then analysed the index difference which contained air temperature, air humidity, dew point temperature, 10 cm soil temperature and light intensity between the optimized greenhouse and the control greenhouse, to get the structure advantages of the optimized greenhouse. The results showed that the optimized greenhouse could effectively improve the air temperature of 2.48℃, reduce the relative humidity of 7.52%, and improve dew point temperature of 1.96℃ and the soil temperature of 2.03℃. The average transmittance of the optimized greenhouse was 56.70%, which was 13.55% lower than the ordinary greenhouse. The optimized greenhouse could effectively improve the indoor air temperature and soil temperature, effective keep the dew point temperature above 0℃, which could avoid the crops of occurrence frost damage, to realize crop production in winter of non cultivated land in the desert.

**Keywords:** sunlight greenhouse; environment test; non-cultivated land; built-in thermal insulation