

甘肃西北型日光温室环境因子观测与结构优化分析

宋明军, 赵 鹏

(甘肃省农业科学院 蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:以甘肃省西北 XB-GII 日光温室为研究对象, 对其微气候环境因子, 如室内外温度、墙体和地面不同深度温度、墙体和地面热流量、室内外光照强度等进行了测定和分析。结果表明: 这种西北型日光温室冬季室内外最低温度差可达 32℃, 晴天温室内温度保持在 20℃ 以上时间达到 6 h 以上, 冬季 30 cm 深地温和墙体内侧 30 cm 处基本达到日夜恒定, 从热通量变化分析, 土壤是温室最主要的放热体, 墙体次之。温室管理白天需注重通风降温, 而晚间则需加强保温覆盖。

关键词:西北型; 日光温室; 环境; 观测分析; 结构优化

中图分类号:S 626.5(242) **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)05-0034-04

我国西部地区幅员辽阔, 光照资源丰富, 利于节能日光温室的生产, 经过科研工作者的不断努力, 设计出了适合西北地区气候特点的西北型日光温室^[1-3], 在生产中得到广泛应用, 取得了良好的应用效果, 并对温室内风速^[4]、跨度^[5]、墙体性能^[6-7]、采光及土壤传热^[8-9]等环境性能进行了相关研究, 取得了一定的进展。甘肃省大部地区光照资源丰富, 甘肃省农业科学院蔬菜研究所根据甘肃的气候特点, 设计了西北 XB-G 系列日光温室, 通过对西北 XB-GII 日光温室微气候环境进行观测分析和研究, 在总结已有研究成果的基础上, 对指导节能日光温室生产管理以及日光温室结构优化的研究都具有现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验温室

供试温室跨度 8 m, 长度 60 m, 墙体厚度 160 cm, 墙体结构为: 砖墙(24 cm)+土墙(112 cm)+砖墙(24 cm), 后屋面材料为复合保温板, 厚度 15 cm, 后屋面仰角 38°, 温室外覆盖保温材料选用温室复合保温被。

温度传感器为直径 0.3 mm 的 T 型热电偶, 室内温湿度由 HOBO 温湿度传感器采集。采用 CADAC 数据采集仪, 每 5 min 记录 1 次试验数据, 光照强度观测选用 TES-1332A 数字式照度计, HFP-01 热通量板测量热

通量。

1.2 试验方法

试验地点位于甘肃省张掖市甘州区(北纬 38.90°, 东经 100.53°), 试验于 2012 年 1—3 月进行, 热通量板放置于墙体中部及温室地面中部, 数据采集器的探头布置于墙体深度 0、5、10、15、20、30、50、70、90、130 cm 处和土壤 0、5、10、15、30、40、50、70 cm 深处, 观测后屋面表面及 5 cm 深度温度、棚膜表面温度、保温被内外表面温度, 用 TES-1332A 数字式照度计每小时观测一次室内外光照强度, 用 Hobo Pro 自记温度计记录温室内外的空气温度。

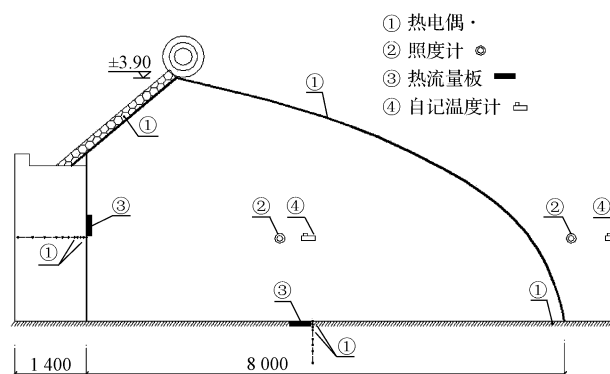


图1 日光温室试验观测点分布

2 结果与分析

2.1 室内外温度变化与分析

对日光温室内外温度变化情况进行连续观测, 室内温度变化受外界气象条件影响大, 西北型日光温室温度最低点出现在拉帘前后, 而最高点出现在 13:00—14:00, 拉帘后温度上升较快, 晴天条件下, 全天室内温度有 6 h

第一作者简介:宋明军(1969-), 男, 硕士, 副研究员, 现主要从事农业设施工程和环境性能等研究工作。E-mail:gs_snmj@163.com.

基金项目:甘肃省农科院科技创新专项资助项目(2012GAAS04); 甘肃省农科院科技创新专项资助项目(2013GAAS19)。

收稿日期:2014-11-11

温度高于 20℃,选择典型晴天分析(图 2),冬季日光温室平均温度为 18.1℃,根据温度四季划分标准^[6],完全达到了春秋季节的温度标准,而且在保温性能方面表现突出,晴天当外界最低温度达到-25.2℃,日光温室最低

温度 7.0℃,室内外最低温度差可达 32℃。在生产管理上,除晚间注重加强保温措施外,由于白天升温速度较快,12:00 就可达 30℃以上,所以西北型日光温室中午的通风管理显得非常必要。

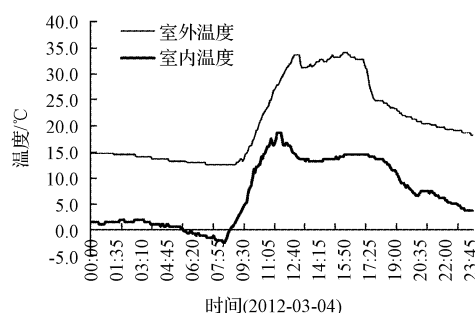
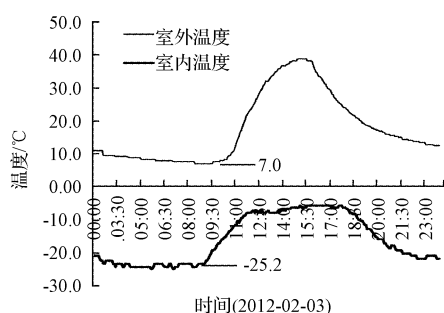


图 2 典型天气室内外温度变化

2.2 墙体温度变化与分析

日光温室不同时期墙体温度的观测,温室在深冬墙体表面温度随室内空气温度变化,随深度增加墙体温度变化逐步延迟,温度曲线变化幅度趋缓,到 30 cm 深度时,温度变化范围在 1℃以内,基本达到温度平衡,即日恒温层。其余(40、50、70、90 cm)温度曲线基本都以水平方式递减,而墙体外部向内不同深度温度变化随外界温

度而变化,在内测深度 90 cm 处达到内外热交换平衡。

根据以上对日光温室墙体不同深度温度情况观测分析,在不同季节,土质墙体 30 cm 深度基本达到热量平衡,若需增加墙体的蓄热性能,采用异质复合墙体有利于墙体蓄热保温,墙体内侧选用热容量大的建筑材料,在墙体内侧 30 cm 以上深度做隔热层,是较合理的选择。

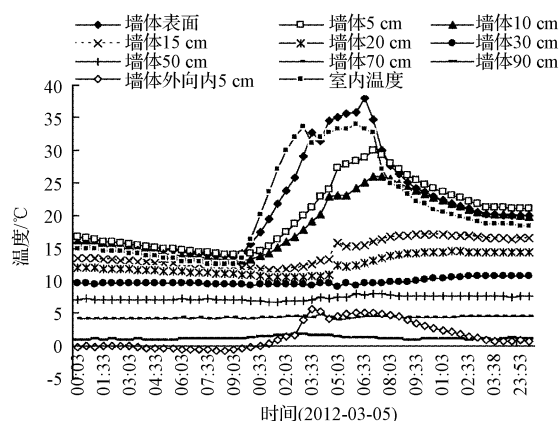
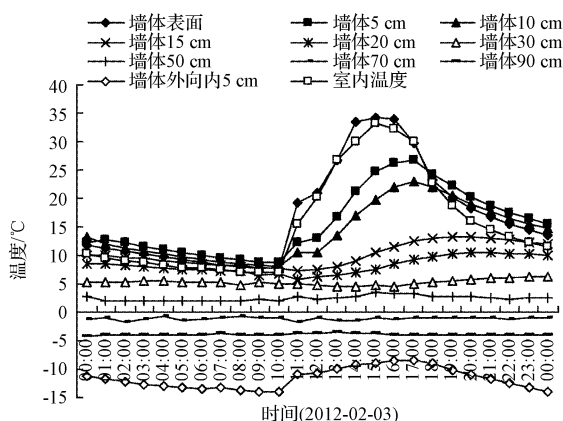


图 3 不同时期墙体温度变化情况

2.3 地温变化与分析

地温变化主要表现为地表及 30 cm 以内地温随空气温度变化影响较大,随深度增加,地温变化趋缓,变化幅度随深度增加而延迟,30 cm 深度以下地温基本保持稳定,地温始终保持在 11.5℃以上(图 4)。与墙体不同的是,深层地温稳定在比较相同的温度值,而不像墙体温度那样梯度很明显。通过观测,除土壤表面温度随室内温度变化剧烈外,土壤 5 cm 以下深度地温始终保持在 11℃以上,而温室地温 10℃以上持续日数可以理解为喜温作物的生长期^[4],有利于种植作物的生长。由于冬

季温室内外地温值相差很大,在日光温室四周做隔热层,对降低室内地温损失将非常有利。

2.4 光照强度变化分析

从温室不同季节光照强度变化分析,冬季由于外界气温较低,日光温室揭盖帘时间随外界温度和太阳高度而变化,虽然温室观测到温室中部最大透光率仅 70%,但是由于光照资源较好,2 月初外界光照强度可达 65 000 lx,温室内也有 40 000 lx 以上。从温室光照条件分析,根据周长吉等^[8]提出的大于光补偿点 4 000 lx 的 6 h 累计平均光照度不小于 20 000 lx 的温室采光指标,保证温室强

光型蔬菜全生育期的正常生长,试验观测的温室光照强度,完全达到上述采光标准。可以理解为在西北光照资源较好地区,日光温室前屋面采光角度变化并不是影响

温室保温性能的主要问题。加强温室整体保温蓄热性能,是进一步提高温室晚间温度的关键措施。

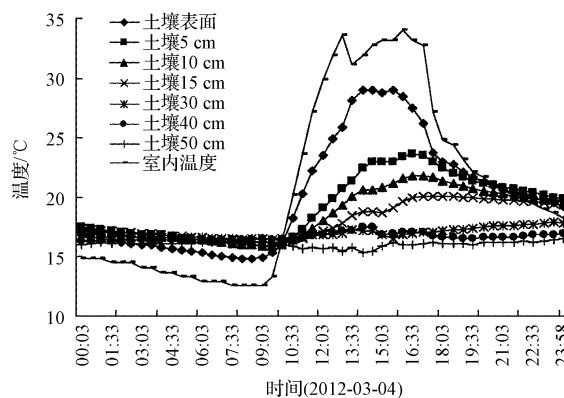
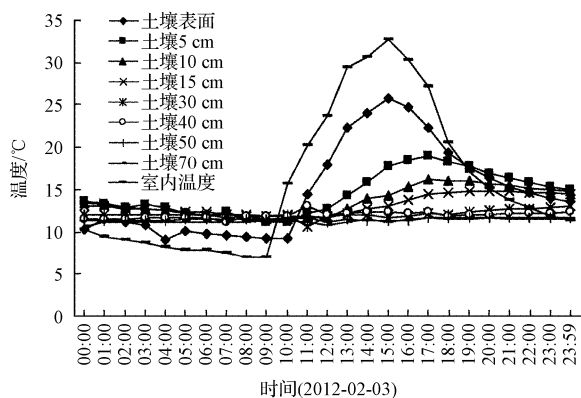


图4 日光温室不同时期地温变化情况

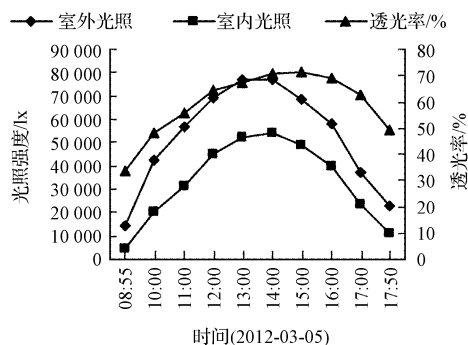
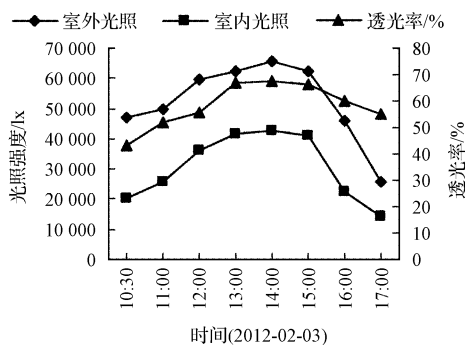


图5 不同时期光照强度变化情况

2.5 墙体及土壤热通量变化与分析

根据对不同时期墙体及地面热通量观测分析,晚间气温越低,墙体的放热效果越显著(图6),墙体表面吸收和放出的热通量和太阳辐射密切相关,2月初温室墙体

内外温差减小,墙体的放热效果越小,到3月份,墙体基本以吸热为主,没有放热量,而土壤放热幅度也很小。而此时室内温度基本保持在13~15℃以上,已能满足作物生长需要。

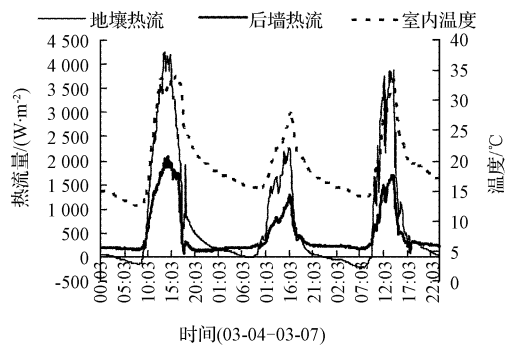
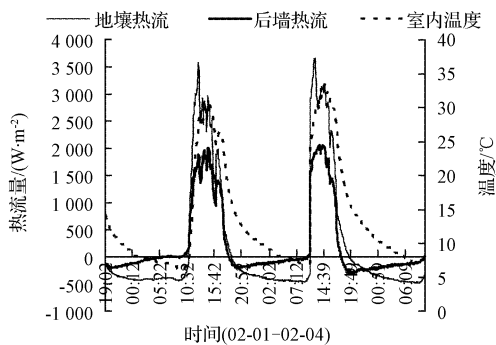


图6 不同时期墙体及地面热流量变化情况

从热通量分析结果看出,冬季土壤温度对温室的热贡献占主要地位,墙体次之,从冬季增强温室保温蓄热

需要考虑,阻隔地中横向传热,温室前沿埋设隔热防寒材料,可有效减少温室的热损失。为了提高墙体的蓄放

热量,设计合理的墙体结构和建材,提高墙体的蓄热和隔热性能,减少墙体的热量损失,增加墙体向室内的放热量,都有利于冬季温室性能的改善。

3 结论与讨论

通过对西北 XB-GII型日光温室的温光性能观测分析,在典型晴天条件下,温室最低温度差可达 32℃,温室内温度保持在 20℃以上时间达到 6 h 以上,因此要注意中午的通风管理。虽然观测温室最大透光率 70%,但是冬季室内光强达到 40 000 lx 以上,满足温室采光指标。温室前屋面采光角度变化并不是影响西北型温室环境性能的主要因素,加强温室整体保温蓄热性能,是进一步提高温室晚间温度的关键措施。

从对日光温室墙体及土壤不同深度温度变化和热通量变化分析,墙体和土壤温度基本是 30 cm 深度达到日恒温层,土壤是温室最主要的放热体,墙体次之,后屋面基本是吸热体,进入 3 月份后,随外界气温升高,除土壤有少量放热外,温室其余部分都没显示放热,根据墙体蓄放热观测研究,温室的墙体结构优化方式为墙体内侧留 30 cm 的蓄热层,蓄热层后做隔热层,有利于墙体蓄热保温,减少热量损失。

通过对西北 XB-GII型日光温室的温光性能观测分析,由于西北地区光照条件好,冬季温度低,晚间要解决温室保温蓄热问题,而白天需注重温室的降温排湿功

能,通过温室结构优化和管理措施到位,逐步提高温室的环境调控能力,以达到周年可控化生产的目的。

在目前对西北型日光温室的研究上,有关室内温度空间和地温水平分布,温室防寒沟合理深度和热阻值等问题,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 周长吉. “西北型”日光温室结构优化的研究[J]. 新疆农机化, 2005(6): 37-38.
- [2] 宋明军, 郭晓冬. 双连栋节能日光温室设计建造及其温光性能观测[J]. 河南农业科学, 2005(9): 79-83.
- [3] 宋明军, 赵鹏. 西北 XB-GV 型大跨度日光温室设计建造及实践[J]. 农业工程技术(温室园艺), 2006(7): 16-18.
- [4] 杨振超, 邹志荣, 陈双臣. 西北型日光温室内风速分布及其与室外风速和通风面积的关系[J]. 西北农林科技大学学报, 2006, 34(9): 36-40.
- [5] 刘彦辰, 邹志荣, 胡晓辉, 等. 陕西关中地区不同跨度日光温室光温环境分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(2): 108-116.
- [6] 杨建军, 邹志荣, 张智, 等. 西北地区日光温室土墙厚度及其保温性的优化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 180-185.
- [7] 曲继松, 张丽娟, 冯海萍, 等. 宁夏干旱风沙区夯土砖土复合墙体日光温室保温性能初步研究[J]. 西北农业学报, 2010, 19(1): 158-163.
- [8] 周长吉, 王洪礼. 日光温室的采光设计[J]. 石河子农学院学报, 1996, 35(3): 10-16.
- [9] 李霞, 于贤昌, 艾希珍, 等. 日光温室采光与下挖深度优化设计[J]. 山东农业科学, 2011(9): 35-40.
- [10] 王思倩, 张志录, 侯伟娜, 等. 下沉式日光温室南侧边际区域土壤温度变化特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 235-240.

Environmental Factors Observation and Structure Optimization Analysis of Northwest Type Solar Greenhouse in Gansu Province

SONG Ming-jun, ZHAO Peng

(Vegetable Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract: The microclimate environmental factors in Northwest type XB-GII solar greenhouse was observed, including the temperature of indoor and outdoor, the temperature of wall and ground in different depth, the heat flow of wall and ground, the light intensity of indoor and outdoor etc. The results of observation and analysis showed that the minimum temperature difference could reach 32℃ between indoor and outdoor for this northwest type XB-GII solar greenhouse. The temperature of indoor keeping in more than 20℃ could be 6 hours in sunny days. The ground temperature of 30 cm depth and the wall temperature of 30 inside could keep constant basically between day and night. The results of heat flux variation analysis showed that the soil was the main heating body of solar greenhouse, the wall came second. The management of solar greenhouse should pay attention to the ventilating and cooling during the day, and the covering of thermal insulation during the night.

Keywords: Northwest type; solar greenhouse; environment; observation and analysis; structure optimization