

DOI:10.11937/bfyy.201708013

北墙体结构对日光温室保温性能的影响

石 玉, 张 毅, 李 姝, 李梅兰, 侯雷平

(山西农业大学 园艺学院, 山西 太谷 030801)

摘 要:优化墙体结构并最大限度地发挥墙体的蓄热保温性能,对提升日光温室作物的生产水平具有重要意义。现以3种不同北墙体结构(24 cm 砖墙+50 cm 黄土+24 cm 砖墙即砖土结构、24 cm 砖墙+50 cm 灰煤渣+24 cm 砖墙即砖煤结构、37 cm 砖墙+10 cm 苯板即砖苯结构)日光温室为研究对象,通过分析典型天气下气温、北墙传热量、北墙内表面温度等指标的变化规律以及不同结构北墙的温度时空分布特点,初步评价了不同北墙体结构日光温室的保温性能差异。结果表明:砖苯结构北墙体的瞬时吸热散热能力较强,但其蓄放热持久性较差,而砖土结构复合北墙体的瞬时吸热、连续蓄热保温性较好。整体而言,砖土北墙结构日光温室在晋中地区具有较好的推广价值。

关键词:北墙;日光温室;复合结构;保温性能

中图分类号:S 625.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)08-0054-07

设施园艺产业是农业工程技术、环境调控技术、园艺作物栽培技术等多技术领域高度交叉融合的产业,已逐步成为推进我国农业现代化进程的重要增长点。2013年,我国设施园艺生产面积达到390万 hm^2 ,总产值超过7800亿元,约占种植业产值的25%^[1]。在各种园艺设施结构中,节能日光温室是我国独创的拥有自主知识产权的一种温室类型,其最大的特点就是兼具良好的保温和蓄热性能^[2],使夜间室内气温保持较高的水平。

北墙是日光温室的重要组成部分,其结构形式直接影响温室的保温性能,目前关于日光温室北墙的研究主要集中在土墙和异质复合墙体。马承伟^[3]研究表明,日光温室北墙内表面吸收的太阳辐射能的 $1/2 \sim 2/3$ 可传至北墙体内部,夜间此部分热量由墙体放出,使室内气温提高 $4 \sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。武国峰等^[4]对秸秆块墙体和土墙体日光温室的研究显示,0.6 m厚秸秆块墙体的热阻是4.0 m厚土墙体热阻的2.54

倍,认为秸秆块墙体日光温室的保温性能较佳。曲继松等^[5]对宁夏干旱风沙区砖土复合墙体日光温室的研究发现,北墙体1.5 m高处的夯实土厚度以90 cm为宜。佟国红等^[6]研究发现,复合墙体日光温室的热稳定性好于同热阻或同热惰性指标的土墙温室。樊平等^[7]研究了睢宁、赣榆地区空心砖墙、复合异质墙、夹芯墙日光温室的保温特性,认为普通空心砖墙日光温室的夜间保温效果较好,但白天增温较慢;夹芯墙日光温室在白天升温较快,但夜间保温效果较差;复合异质墙体日光温室的增温,保温性能俱佳。

不同北墙体结构不仅影响日光温室的保温性能,而且还直接决定着作物的产量及能耗的高低。近年来,关于日光温室北墙的构造方式及其对温室整体蓄热保温性的影响的相关研究较多,但尚未形成完整的理论体系,且同一北墙结构在不同地区应用的适用性还有待进一步验证。为此,该试验利用晋中地区成本低廉、易获得的黄土和灰煤渣等作为北墙填充材料,研究不同墙体结构对日光温室保温性能的影响,以期探索日光温室合理的北墙结构提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究温室概况

供试温室位于山西省晋中市太谷县山西农业大学园艺站(东经 $112^{\circ}34'$,北纬 $37^{\circ}25'$)。3座供试温室均坐北朝南、东西延长,北墙采用3种不同的复合结

第一作者简介:石玉(1983-),女,博士,讲师,硕士生导师,研究方向为园艺设施环境调控及蔬菜栽培生理。E-mail:ayu-shi@163.com.

责任作者:侯雷平(1963-),男,教授,硕士生导师,研究方向为设施园艺。E-mail:sxndhlp@126.com.

基金项目:山西省科技攻关资助项目(20140311011-4);山西省煤基重大科技攻关资助项目(FT201402)。

收稿日期:2016-12-05

构(表1);其它结构参数、温室材料一致,长度 45.0 m,跨度 9.0 m,北墙高 3.5 m,脊高 4.8 m,前屋面底角 70°、腰角 35°、顶角 15°、覆盖 8 丝厚 PEP 利得膜,后屋

面长 1.6 m、倾角 45°、投影 1.25 m、覆盖 10 cm 厚聚苯板及 2 层防水保温被,温室前屋面覆盖复合型专用保温被,采用中置式全自动卷被机卷放。

表 1

3 座供试日光温室的北墙体结构参数

Table 1

Structural parameters of north-wall in three test solar greenhouses

温室类型 Greenhouse type	北墙体结构参数 North-wall structure parameter
砖土北墙日光温室(砖土温室) Solar greenhouse with brick-loess north-wall (brick-loess greenhouse)	24 cm 砖墙+50 cm 黄土+24 cm 砖墙
砖煤北墙日光温室(砖煤温室) Solar greenhouse with brick-cinder north-wall (brick-cinder greenhouse)	24 cm 砖墙+50 cm 灰煤渣+24 cm 砖墙
砖苯北墙日光温室(砖苯温室) Solar greenhouse with brick-polystyrene north-wall (brick-polystyrene greenhouse)	37 cm 砖墙+10 cm 保温苯板

注:表中北墙体结构指向均为从室内到室外。

Note: Directions of all above north-wall structures are from the inside to outside of greenhouse.

1.2 试验方法

不同北墙结构日光温室保温性能的测试时间为 2014 年 12 月至 2015 年 3 月。采用 HOBO U12-013 自动记录仪测定温室内外空气温度。采用 HO-007-02 自动记录仪及专用热敏电阻温度探头测定墙体温度,探头深入墙体并在外面用橡皮泥堵塞,防止墙体温度受室内空气温度的影响。数据采集时间间隔为 30 min,测试期间每天对 3 座供试日光温室揭(09:00)盖(16:30 左右)保温被的时间相同。

气温测点布置:在 3 座供试日光温室内各布 5 个测点,其中 3 个位于温室正中心距地面垂直距离 0.5、1.5、2.5 m 处;另外 2 个以温室中部 1.5 m 处的测点为中心,在室内东西向的 1/9 和 8/9 处对称布设(即高度也为 1.5 m)。同时,在室外空旷地 1.5 m 高度处布设对照测点。

北墙温度测点布置:在 3 座供试日光温室的北墙内表面各布 9 个测点,即北墙沿东西方向的 1/9、1/2、8/9 处及其距地面垂直距离 0.5、1.5、2.5 m 处。于上述 9 个测点处,在北墙体内由内到外每间隔 10 cm 水平铺设温度探头,其中砖土温室、砖煤温室距北墙内表面的铺设距离为 0、10、20、30、40、50 cm,而砖苯温室由于北墙厚度的限制,距北墙内表面的铺设距离为 0、10、20、30、40 cm(图 1)。3 座日光温室的北墙都是复合墙体,可按照多层平壁传导传热计算墙体的传热量^[8-9],即单位墙体面积的传热量 $Q = (t_{w1} - t_{w2}) / (\delta_1 \cdot \lambda_1^{-1} + \delta_2 \cdot \lambda_2^{-1} + \delta_3 \cdot \lambda_3^{-1})$;式中: δ_1 、 δ_2 、 δ_3 为复合墙体不同材料的厚度(m), λ_1 、 λ_2 、 λ_3 为不同材料的导热系数($W \cdot (m \cdot ^\circ C)^{-1}$), t_{w1} 、 t_{w2} 为不同材料之间的温度($^\circ C$)。

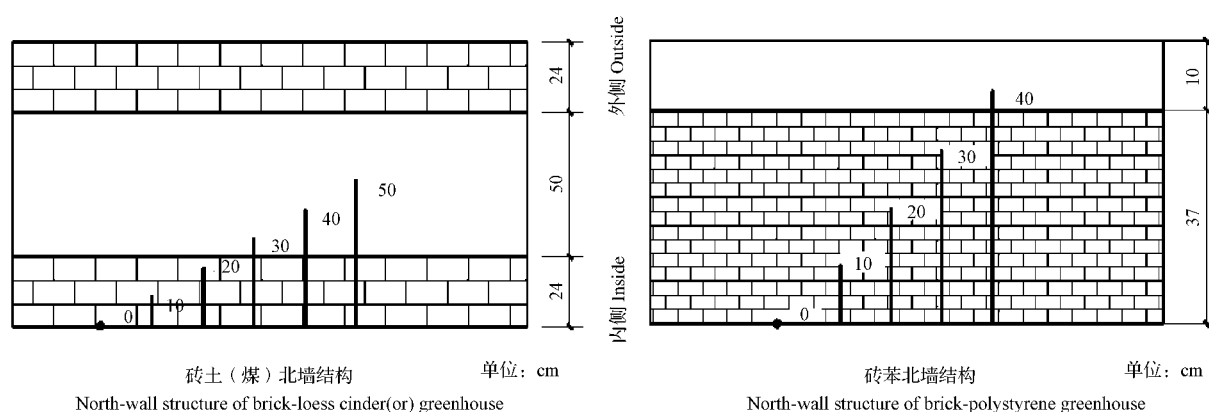


图 1 不同北墙结构日光温室内温度探头布设

Fig. 1 Sketches of temperature probes in north walls of different solar greenhouses

2 结果与分析

2.1 不同北墙结构日光温室冬季气温比较

日光温室的保温性能主要体现在严冬季节温室的保温效果。由表 2 可以看出,3 种北墙结构的日光温室在不加温情况下,月平均气温仍维持在较高水平,能满足一般园艺作物对温度的正常需求。砖苯

温室内气温的日变化幅度较大,有利于植物体内糖分的积累;砖苯温室在 11、12 月的平均气温最高,分别高出砖土温室 2.41、0.91 $^\circ C$,高出砖煤温室 1.06、2.45 $^\circ C$ 。砖土温室的蓄热保温性较好,能在极端天气下保持较高的最低温度,利于植物的正常生长。

表 2

不同北墙结构日光温室冬季气温比较

Table 2

Comparison of winter temperature in solar greenhouses with different north-wall structures

℃

温室类型 Greenhouse type	日最高气温均值 Daily average of maximum temperature			日最低气温均值 Daily average of minimum temperature			月平均气温 Monthly average temperature		
	11月 November	12月 December	1月 January	11月 November	12月 December	1月 January	11月 November	12月 December	1月 January
	November	December	January	November	December	January	November	December	January
砖土温室 Brick-loess greenhouse	37.22	38.51	37.93	3.25	4.75	5.64	12.85	13.80	14.82
砖煤温室 Brick-cinder greenhouse	35.92	37.38	36.48	3.92	3.28	3.83	14.20	12.26	12.53
砖苯温室 Brick-polystyrene greenhouse	37.95	40.06	38.51	4.37	2.53	4.90	15.26	14.71	14.75

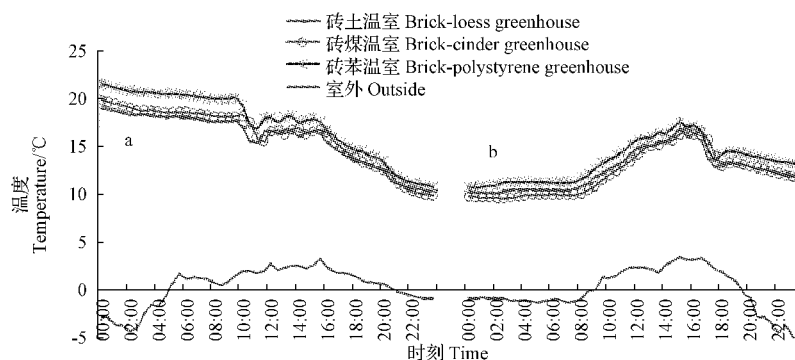
注:表中数值是日光温室正中心距离地面 1.5 m 高度处的相应数据。下同图 2~4。

Note: Values in the table are the corresponding data at the height of 1.5 meter above ground in the center of greenhouse. The same below in Figure 2~4.

2.2 连雪天不同北墙结构对日光温室气温的影响

连雪天是检验日光温室保温性能的重要天气。由图 2 可知,2015 年 2 月 19 日、20 日连续下雪,3 座温室内气温都呈平缓的波浪式变化,且最低温度保持在 10℃左右,说明这 3 种复合墙体温室均有一定

的保温作用。整体而言,砖苯温室的气温高于其它温室,保温效果较好。2 月 20 日 18:00 后,室外气温从 2.5℃骤降到-5℃,但 3 座温室内气温降幅均不到 2℃,说明 3 种北墙结构的日光温室保温性能较为稳定。



注:a. 02-19, b. 02-20, 雪天。

Note: a. February 19, b. February 20, snow.

图 2 连雪天不同北墙结构对日光温室气温的影响

Fig. 2 Effects of serial snowy days on temperature in solar greenhouses with different north-wall structures

2.3 不同结构北墙体传热量分析

日光温室与其边际环境随时都在进行热量的传导与交换^[10],其中北墙是重要的热传导媒介,北墙传热量的大小直接反映了日光温室的蓄热保温性能^[11-12]。由图 3 可知,3 种北墙体的传热量变化趋势

大致相同。砖土温室和砖煤温室 24 h 都以从室内向北墙不断传入热量为主;而砖苯温室在 09:30—21:00 以热量从室内传入至北墙为主,其余时间段以热量从北墙传入至室内为主。砖煤温室的北墙传入热量在 24 h 变化相对平缓,说明其北墙与室内的温

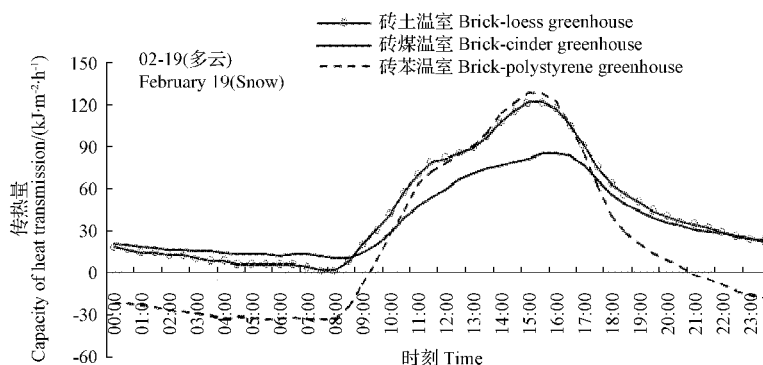


图 3 不同结构北墙体传热量分析

Fig. 3 Heat transmission quantity analysis of different north-walls

差变化较小;砖苯温室的北墙传热量在 24 h 内变化幅度较大,说明其北墙与室内的温差变化较大。在 15:30—16:00,3 种北墙体的传入热量均达到了峰值,且砖煤结构北墙的峰值时间略有滞后,3 种温室的瞬时吸热效果是砖苯温室>砖土温室>砖煤温室。在 18:00 之后,砖苯墙体的传入热量明显小于砖土墙体和砖煤墙体,说明其蓄热的持久性较差。

2.4 不同结构北墙体内表面温度日变化规律分析

北墙内表面是日光温室中蓄热体吸收太阳辐射能的关键位置,其温度高低可在一定程度上反映温室的蓄热能力强弱^[13]。由图 4 可以看出,3 种复合结构北墙的内表面温度日变化均呈先升高后降低趋势,从 09:00 揭保温被开始北墙内表面温度迅速升

高,砖土温室、砖煤温室、砖苯温室的北墙内表面温度分别在 14:30、11:30、14:30 达到峰值,达到峰值时与相应的室温温差分别为-8.2、-1.9、-9.2℃;16:30 左右覆盖保温被后,砖土温室、砖煤温室的北墙内表面温度明显高于其相应的室内温度,而砖苯温室的北墙内表面温度与室温相差不大。砖土温室、砖煤温室、砖苯温室的北墙内表面温度和相应的室温均在 08:00 前后出现 1 日中最小值,分别为 9.5℃和 8.3℃、7.0℃和 6.3℃、5.1℃和 3.8℃。从温度峰值来看,砖土温室北墙内表面温度及其室温的峰值最大,说明其瞬时吸热能力最强。从温度波动幅度来看,砖煤温室北墙内表面温度及其室温的波动最小,说明砖煤复合墙体的热缓冲性能较好。

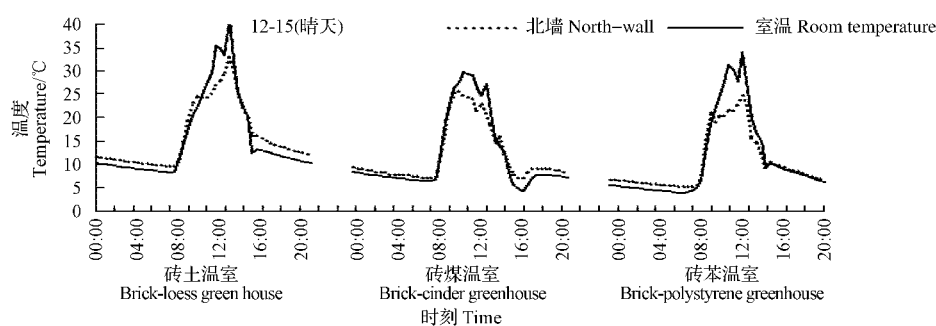


图 4 不同结构北墙体内表面温度日变化规律分析

Fig. 4 Analysis on the diurnal variation rules of the inner surfaces of different north walls

2.5 不同结构北墙体温度的时空特性分析

北墙是日光温室保温蓄热的主要载体^[14]。10:00 是日光温室反季节生产中北墙进行升温的关键节点,而 16:00 则是室温经过最高值逐渐降低的重要拐点。分析北墙体在白天升温、降温关键时间点上其温度随不同位点墙体厚度的变化特性,有助于深入理解不同结构北墙体的蓄热保温性能差异。由图 5a 可知,在 10:00,砖土温室北墙体 2.5 m 高处剖面上的温度最高点在距北墙内表面 20~30 cm 深的东、西两侧,而北墙同一高处剖面上南、北两侧的温度较低;1.5 m 和 0.5 m 高处剖面上的温度最高点均在距北墙内表面 20~30 cm 深的墙体正中心处;2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温差分别是 3.4、3.7、3.1℃。在 16:00,砖土温室北墙体 2.5、1.5 m 高处剖面上的温度最高点在北墙内侧西面,0.5 m 高处剖面上的温度最高点在北墙内侧中心处,而北墙外侧东面的温度最低;2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温差分别是 3.5、3.4、5.4℃。由图 5b 可知,在 10:00,砖煤温室北墙体 2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温度最高点均在距北墙内表面 20~30 cm 深的东、西两侧,而北墙同一高度剖面上外侧西、中处的温度最低;

2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温差分别是 3.3、2.7、3.1℃。在 16:00,砖煤温室北墙体 2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温度最高点均在北墙内表面,而北墙外侧西、中处的温度最低;2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温差分别是 3.8、4.2、4.0℃。由图 5c 可知,在 10:00,砖苯温室北墙体 2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温度最高点均在北墙内表面西中侧,而北墙同一高度剖面上外侧的温度最低;2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温差分别是 6.6、3.4、4.7℃。在 16:00,砖苯温室北墙体 2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温度最高点均在北墙内表面;0.5、2.5 m 高处剖面上的温度最低点在北墙外侧东处,而 1.5 m 剖面上的温度最低点在北墙外侧的东、西两处;2.5、1.5、0.5 m 高处剖面上的温差分别是 20.2、17.1、21.2℃。

上午揭开保温被后,日光温室北墙体接受太阳辐射能并从墙体内表面开始温度逐渐升高。由于墙体内部不同层次间存在温差,使热量不断地由北墙内表面向墙体内部传导,到 10:00 时,北墙内距墙体内表面 10~30 cm 的温度最高;随着光照变弱,温室内热量逐渐减少,墙体中部的热量向内侧传递,到 16:00 时,墙体内表面附近的温度最高。整体而言,

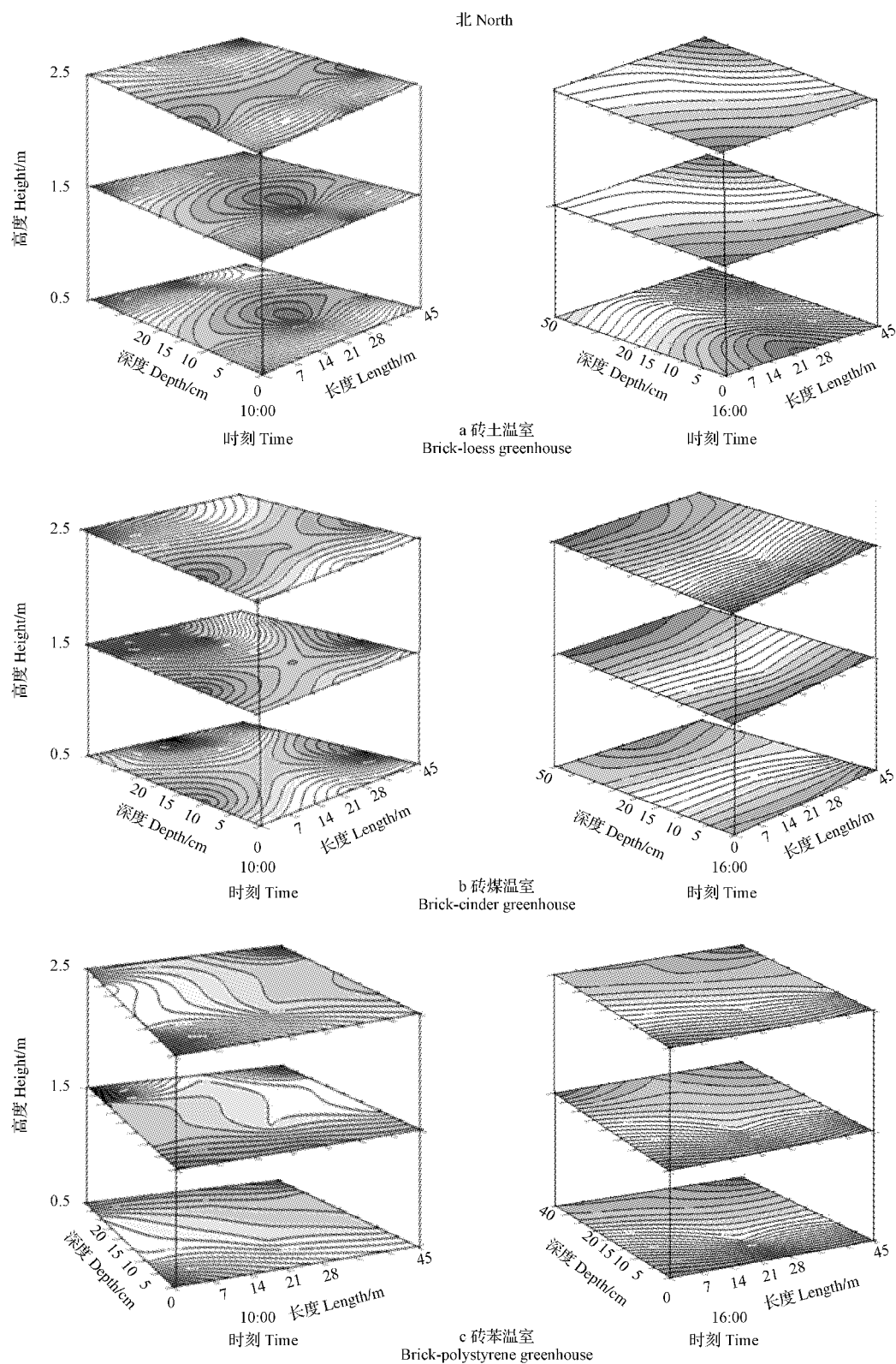


图5 不同结构日光温室北墙温度时空特性分析(12月27—29日,晴天)

Fig.5 Analysis on the temperature spatial-temporal properties of different north-walls in test solar greenhouses (December 27—29, sunny day)

在升温阶段,墙体内同一高度剖面处内外温差较小;而在降温阶段,墙体内同一高度剖面处内外温差加大。可以看出,砖土墙体蓄热保温效果最优,砖煤墙体次之,砖苯墙体的蓄热保温性能较差。

3 讨论与结论

北墙是日光温室中集蓄热、保温、隔热、承重等功能于一体的重要围护结构^[7,16],其蓄热保温性直接影响了室内作物的产量与经济效益。与传统的实体砖墙和生土墙相比,利用不同材料分层复合而成的北墙的蓄热、保温性能更优。在复合墙体的材料选择方面需统筹考虑建造成本、取材便宜度、蓄热保温效果、承载性能、对环境的影响等因素^[16]。该试验以来源广泛、取材方便的黄土、灰煤渣等作为北墙体填充材料,初步分析了砖土、砖煤复合结构以及目前生产上常见的砖苯北墙结构日光温室的蓄热保温能力差异。

在严冬季节,供试日光温室的月平均气温由高到低依次为砖苯温室、砖土温室和砖煤温室,日最低气温均值由高到低依次为砖土温室、砖苯温室和砖煤温室,说明砖苯复合北墙的瞬时吸热效果较佳,而砖土复合北墙的蓄热保温性能较好,这与黎贞发等^[17]的研究结果接近;连雪天气下,保温被处于全覆盖状态,砖苯温室的气温高于其它温室,可能是由于紧贴在北墙体外表面的聚苯板热阻较大^[2],降低了温室的散热量,从而使室内温度保持在较高水平;多云天气下,砖苯温室在夜间的蓄放热持久性较差,可能与砖苯温室的蓄热层较薄有关,这与朱山川^[18]的研究结果相符。图4则显示,砖土温室北墙内表面温度及其室温的峰值最大,说明其瞬时吸热能力最强,而砖煤温室北墙内表面温度及其室温的波动最小,说明砖煤复合墙体的热缓冲性能较好。前人针对日光温室北墙的温度时空特性进行了较为系统的研究^[8,19-20],但是不同地区、不同温室结构、不同复合材料北墙体的温度时空变化特征不尽相同;在升温阶段,北墙内同一高度剖面处内外温差较小,而在降温阶段,北墙内同一高度剖面处内外温差加大;砖土北墙体的蓄热保温效果最优,而砖苯北墙体的蓄热保温性能较差。

综上所述,砖苯结构北墙体的瞬时吸热散热能

力较强,但其蓄放热持久性较差,而砖土复合北墙体的瞬时吸热、连续蓄热保温性较好,砖煤复合墙体的性能则居中。整体而言,砖土北墙结构日光温室在晋中地区具有较好的推广价值。

参考文献

- [1] 李天来.我国设施蔬菜科技与产业发展现状及趋势[J].中国农村科技,2016(5):75-77.
- [2] 李明,周长吉,丁小明,等.日光温室聚苯乙烯型砖复合墙保温蓄热性能[J].农业工程学报,2016,32(1):200-205.
- [3] 马承伟.日光温室热环境分析及设计方法研究[C]//设施园艺创新与进展.第二届中国·寿光国际设施园艺高层学术论坛论文集,2011.
- [4] 武国峰,黄红英,孙恩惠,等.不同墙体结构日光温室保温效果的研究[J].农机化研究,2015(6):164-168.
- [5] 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.
- [6] 佟国红,白义奎,赵荣飞,等.日光温室复合墙与土壤热性能对比分析[J].沈阳农业大学学报,2011,42(6):718-722.
- [7] 樊平声,冯伟民,卢显宇,等.不同墙体日光温室保温性能研究[J].山东农业科学,2014,46(3):25-27.
- [8] 王谦,陈景玲,孙治强,等.冬季日光温室北墙内表面热流分析[J].中国农业气象,2010,31(2):225-229.
- [9] 彭东玲,杨其长,魏灵玲,等.日光温室土质墙体热流测试与分析[J].中国农业气象,2014,35(2):168-173.
- [10] 孙治强,孙丽,王谦,等.日光温室土壤温度环境边际效应[J].农业工程学报,2009,25(5):150-155.
- [11] 徐凡,马承伟,刘洋,等.天津一种典型砖墙日光温室热环境现状的测试与分析[J].中国农业大学学报,2013,18(4):188-195.
- [12] 白青,张亚红,傅理.极端低温条件下日光温室保温性能分析[J].西北农业学报,2010,19(11):154-160.
- [13] 黄雪,王秀峰,魏珉,等.下挖式日光温室土壤温度和热流的变化规律[J].应用生态学报,2013,24(6):1669-1676.
- [14] 李建设,白青,张亚红.日光温室墙体与地面吸放热量测定分析[J].农业工程学报,2010,26(4):231-236.
- [15] 张勇,高文波,邹志荣.主动蓄热后墙日光温室传热CFD模拟及性能试验[J].农业工程学报,2015,31(5):203-211.
- [16] 李小芳,陈青云.墙体材料及其组合对日光温室墙体保温性能的影响[J].中国生态农业学报,2006,14(4):185-189.
- [17] 黎贞发,于红.持续低温及低温连阴天几种典型日光温室保温性能评价[J].中国农学通报,2013,29(23):123-128.
- [18] 朱山川.内蒙古高寒地区日光温室性能研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2014.
- [19] 张志录,王思倩,刘中华,等.下沉式日光温室土质墙体热特性的试验与分析[J].农业工程学报,2012,28(12):208-215.
- [20] 李明,周长吉,魏晓明.日光温室墙体蓄热层厚度确定方法[J].农业工程学报,2015,31(2):177-183.

Effects of Different North-wall Structures on Thermal Insulation Properties of Solar Greenhouses

SHI Yu,ZHANG Yi,LI Shu,LI Meilan,HOU Leiping

(College of Horticulture,Shanxi Agricultural University,Taigu,Shanxi 030801)

DOI:10.11937/bfyy.201708014

土壤新风系统在日光温室中应用的可行性

张纪涛¹, 李 翠², 马大炜¹, 林 琨¹, 籍增顺¹

(1. 山西省农业科学院 现代农业研究中心, 山西 太原 030031; 2. 太原理工大学 物理与光电工程学院, 山西 晋中 030600)

摘 要:为了明确土壤新风系统在日光温室中应用的可行性, 设置了不同风速(5.8、4.6、3.1 m·s⁻¹)条件, 以监测土壤新风系统进出口空气温湿度及不同管道长度的气流温度, 并计算了系统的热特性。结果表明: 日光温室内部≥50 cm 深土壤的温度比较恒定, 日变化幅度≤0.3℃。在5.8、4.6、3.1 m·s⁻¹的流速下, 新风经过系统温度分别提高了7.8~8.9、9.8~11.9、6.3~7.8℃; 出口空气湿度分别为42.3%~52.0%、35.4%~40.3%、61.6%~83.6%; 进出口焓差分别为7.7~9.4、9.9~12.1、9.3~12.5 kJ·kg⁻¹; 运行时段内吸收土壤的热量分别为23 160、23 492、14 884 kJ。土壤新风系统可以显著提升新风温度, 出口处新风湿度低于室内空气湿度, 具有良好的吸热能力, 说明土壤新风系统可以用于冬季日光温室空气环境的调控。

关键词:日光温室; 土壤新风系统; 通风

中图分类号:S 626.506⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)08-0060-05

日光温室是我国独创的温室类型, 具有缓解冬季蔬菜供需矛盾的作用^[1-3], 目前, 日光温室通风结构主要是屋面底部和顶部通风, 在低温时期一般只开顶部通风, 通风时间≤4 h, 通风不足、空气湿度大、

病害发生严重等问题严重影响着日光温室生产, 而加温通风能耗成本高, 难以在实际生产中普遍使用^[4-5]。土壤新风系统是充分利用土壤能来预冷或预热新风, 以达到降低新风负荷、节约能源的目的, 已被系统研究并广泛应用于建筑结构中^[6-11]。土壤新风系统主要是将通风管道埋置于地下, 通过与土壤的热交换来提高或降低室外空气温度, 保证进入室内的空气温度较适宜^[12]。PFAFFEROTT^[13]的试验结果表明, 系统出口温度可以维持20.4℃;

第一作者简介:张纪涛(1986-), 男, 硕士, 助理研究员, 现主要从事设施园艺工程等研究工作。E-mail: zhangjitaotao_xn@126.com.
基金项目:山西省科技攻关资助项目(20130311010-2); 山西省重点研发计划一般资助项目(201603D221036-2)。
收稿日期:2016-12-13

Abstract: Optimizing the wall structure and exerting its performance of heat preservation to greatest extent, is significant to improve the technologies in solar greenhouse crop production. Three solar greenhouses with different north wall structures, including brick-loess wall (a layer of 50 cm loesses between two 24 cm bricks), brick-cinder wall (a layer of 50 cm cinders between two 24 cm bricks) and brick-polystyrene wall (the inner 37 cm bricks and the outer 10 cm polystyrene boards), were used as research subjects in this study. The change rules of the indoor air temperature, the heat transfer capacity and the inner surface temperature of north-wall were analyzed under typical weather days. And the spatial and temporal distribution features of temperatures in different north walls were also investigated. Differences of thermal insulating properties of the three solar greenhouses were preliminary evaluated. The results showed that the brick-polystyrene north-wall had the better instantaneous heat absorption and dissipation capacities, while its heat-storage and discharge persistence was poor. Moreover, the brick-loess north wall had the better instantaneous heat absorption and continuous thermal insulating integrated properties. Overall, the solar greenhouse with brick-loess north wall had more extensive spreading values in Jinzhong area.
Keywords: north-wall; solar greenhouse; compound structure; thermal insulation properties