DOI:10.11937/bfyy.201519013

一种新型日光温室与传统四种日光温室性能及投资对比研究

苏 雄[1,2],李建明[1]

(1.西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100;2.神木县园艺蚕桑工作站,陕西 神木 719300)

摘 要:以新型双屋面日光温室和传统的4种日光温室进行性能对比研究,选取了2012年12月21日(冬至日)、12月23日(典型晴天)、2013年1月19日(典型阴天)和2014年1月21日16:00至1月22日14:00的试验数据,进行室内光照强度、气温、地温、相对湿度以及造价、空间、寿命等性能分析。研究新型双屋面日光温室的性能,为广大种植户寻求一种优化的温室结构。结果表明:新型日光温室与3种砖墙日光温室平均相比,室内平均气温提高了1.3℃,室内平均地表下0.1 m处地温提高了1.7℃,室内平均光照强度降低了1.25%,室内平均相对湿度提高了3.98%;新型日光温室与寿光式土墙日光温室相比,室内平均温度降低了2.0℃,室内地温降低了0.2℃;新型日光温室造价较3种砖墙日光温室造价平均降低了38.68%,较寿光式土墙日光温室造价降低了9.12%;新型日光温室土地利用率较砖墙温室土地利用率平均提高了9.17%,较寿光式土墙日光温室土地利用率提高了44.01%。新型日光温室较砖墙温室温度高,相对湿度高,光照强度接近,跨度大,寿命优于土墙和砖墙温室;是一种优化的温室结构。

关键词:新型日光温室;室内气温;地温;光照强度;相对湿度;土地利用率;造价

中图分类号:S 626.5 **文献标识码**:A **文章编号**:1001－0009(2015)19－0047－07

以目前榆林等北温带半干旱大陆性季风气候区农业的发展形势来看,这一区域具有充足的光照条件,以及日光温室具有相当广泛的适应性,可见未来在该区域日光温室仍然是设施农业发展的主要载体结构[1-11]。由于该地区现有的日光温室大部分是土打墙或砖墙与其它材料的混合结构。这些有墙日光温室普遍存在造价高、土地利用率低,空间小和不适合机械化操作等问题,在此基础上根据日光温室最大蓄热面积与热容积化理念等理论设计出了新型日光温室[12-18]。该试验对该种新型日光温室与传统4种日光温室性能的进行了对比研究,以此来寻求一种适合我国北方气候条件的理想的温室结构[19-23]。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

榆林位于北纬36°57′～39°35′,东经107°28′～111°15′。榆林是中国日照高值区之一,年平均日照时数2 593.5～2 914.4 h,气温四季明显,春温大于秋温,春季升温快而不稳定,秋季降温迅速,冬季受北方冷气团控制,气压高、天气晴朗,多高云,冬季平均气温－7.8～4.1℃,10月下旬至翌年4月上旬为大地封冻期,一般年份冻土深度1.0～1.2 m,入春以后,气温明显回升,平均日增温0.2℃左右[24]。

1.2 试验温室

试验温室名称、符号、结构见表1。

1.3 试验方法

2012年12月至2013年1月用温室娃娃(国家农业信息化工程技术研究中心研制的温室娃娃智能环境信息监测系统)对当地新型双屋面日光温室、砖墙＋内保温层日光温室、砖墙培沙日光温室、砖墙＋外保温层日光温室结构类型日光温室及外界1.5 m高处温湿度、光照强度、地表下0.1 m处温度进行了自动监测,方法是5 min自记1次。代表符号:a、b、c、d、e。

2014年1月21日16:00至次日14:00,对新型双屋面日光温室、寿光式土墙日光温室、外界的温度进行了人工实地测试,方法是在距温室前后屋面(墙)各1.0 m,距温室东西砖墙各10 m,这之间为矩形几何二等分共9个点,位置为室内地上1.0 m处及地表下0.15 m处,2 h

第一作者简介:苏雄(1985-),男,硕士,助理农艺师,研究方向为设施作物生理生态。E-mail:120724845@qq.com.

责任作者:李建明(1966-),男,教授,博士生导师,研究方向为设施园艺。E-mail:lijianming66@163.com.

基金项目:国家"十二五"科技支撑计划资助项目(2014BAD14B06)。

收稿日期:2015－05－19

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表 1　试验温室名称、符号与结构

温室 Greenhouse	符号 Symbol	结构 Structure
新型双屋面日光温室	A、a	温室方位坐北向南(偏西 5°),东西延长,跨度 12.0 m,前室 6.5 m,后室 5.5 m,脊高为 4.7 m,前屋面采光角度大于 33°,后屋面为内外双膜加后屋面外覆盖保温被,5—9 月份卷起后保温被,卷起后屋面棚膜透风;在温室前屋面距地面在 1.5 m 高处延东西方向向上每隔 1 m 焊接一根直径 4 cm 的薄壁钢管,所有这些钢管程"几"字型相连,上下 2 个口都连入后水池,下端水口接水泵给前屋面管道注水;温室内部在距后屋面基部固定钢架 30 cm 处,地面下挖 1 m 沿东西方向做深 1.0 m、宽 1.0 m、长 50～70 m、底部为弧形的发酵池,发酵池夏天空闲时间用来收集后屋面(棚膜)表面的雨水;前屋面底部固定钢架砖墙表面为"u"型表面,"u"型表面底部每隔 10～15 m 有一个管道与水窖相连,便于收集前屋面的雨水,后屋面固定钢架的基础砖墙上表面向内倾斜 10°～15°;在温室前后屋面外距固定砖墙 20 cm 处的地面沿东西向下挖深 1.5 m、宽 40～50 cm 的沟,将用棚膜密封好 15 cm 厚的隔热泡沫板置入沟内,并埋结实;温室排间距 3.5 m
砖墙＋内保温层日光温室	b	温室方位坐北向南(偏西 7°),东西延长,跨度为 8.0 m,脊高为 3.8 m,后墙高为 3.0 m,墙为内外 24 墙,墙内 12 cm 中空(空隙添入厚度为 10 cm 的泡沫板,缝隙填沙压实),后屋面长度 1 m,温室后屋面角度 50°;温室排间距 3.5 m
砖墙培沙日光温室	c	温室方位坐北向南(偏西 9°),东西延长,跨度为 8.0 m,脊高为 3.1 m,后墙高为 2.2 m,墙为外 24 墙,砖墙外培 1.8 m 高,底部为 1.5 m 宽的沙土,并在表面铺无纺布护沙,后屋面长度 1 m,温室后屋面角度 45°;温室排间距 3.1 m
砖墙＋外保温层日光温室	d	温室方位坐北向南(偏西 5°),东西延长,跨度为 8.0 m,脊高为 3.3 m,后墙高为 2.5 m,墙为外 24 墙,砖墙外加 15 cm 厚的彩钢板;后屋面长度 1 m,温室后屋面角度 45°;温室排间距 3.5 m
寿光式土墙日光温室	B	温室方位坐北向南(偏西 7°),东西延长,跨度在 10.0 m,脊高为 5.0 m,后墙高度为 4.5 m,后墙底部厚度为 7.2 m,顶部厚度为 2.5 m,并在表面铺无纺布护后坡;后屋面长度为 1.0 m,温室后屋面角度 45°,地面下挖 80 cm;温室排间距 4.0 m
外界	C、e	自动记录仪为 e,人工测定的为 C

测 1 次,并记录数据,符号:A、B、C。其中 A1 表示 A 温室后部地温,A2 表示 A 温室中部地温,A3 表示 A 温室前部地温;B1 表示 B 温室后部地温,B2 表示 B 温室中部地温,B3 表示 B 温室前部地温。

2　结果与分析

2.1　温度的对比分析

2.1.1　冬至日温室内温度性能分析　从图 1 可以看出,冬至日(2012 年 12 月 21 日)a 与 b、c、d 室内温度最高温度出现在 14:00,分别为 32.9、24.4、30.2、35.6℃,d＞a＞c＞b。此时 a 与 b、c、d 相比温差分别为高 8.5℃、高 2.7℃、低 2.7℃,最低温度出现在 06:40,分别为 4.3、0.8、2.8、5.9℃,此时 a 与 b、c、d 相比温差分别为高 3.5℃、高 1.5℃、低 1.6℃,这一天 a 与 b、c、d 室内平均温度相比温差分别为高 4.0℃、高 2.2℃、低 1.8℃。从图 2 可以看出,冬至日(2012 年 12 月 21 日)a 与 b、c、d 室内地温,最高温度出现在 19:00 左右,分别为 13.0、10.0、10.6、14.4℃,8:00 左右地温分别为 11.6、8.4、10.0、13.6℃,8:00—19:00 a、b、c、d 的地温分别升高 1.4、1.6、0.6、0.8℃,这一天的室内地温始终为 d＞a＞c＞b,a 与 b、c、d 平均地温相比温差分别为高 3.1℃、高 1.8℃、低 1.8℃。

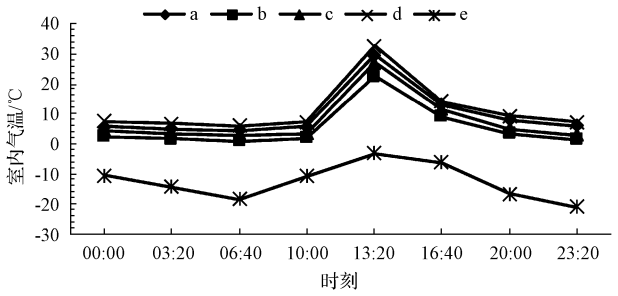

图 1　冬至日(2012 年 12 月 21 日)4 种温室室内温度变化对比分析曲线

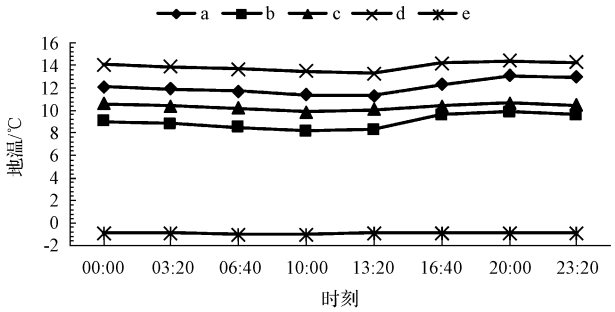

图 2　冬至日(2012 年 12 月 21 日)4 种温室地温变化对比分析曲线

2.1.2　晴天温室内温度性能分析　典型晴天(2012 年 12 月 23 日)外界平均温度是－19℃,最低温度为－30.4℃的情况下,从图 3 可以看出,温度室内早晨最低气温依次是 d(3.9℃)＞a(1.9℃)＞c(－1.8℃)＞b(－3.8℃);室内外最低温差依次是 d(34.3℃)＞a(32.3℃)＞c(28.6℃)＞b(26.6℃)。从曲线的变化明显呈现 4 个变化区域。升温区,起棉被后,a 升温最早,而且在 9:00—10:00 升温最快,其次是 d,而 b 和 c 在 11:00—12:00 升温速度才明显加快。高温区大致为 12:00—15:00,温度变化幅度不大,小幅的温度变化与通风有较大的关系。降温区大致为 15:00—16:00,a 与 d 降温时间与降温速度无明显差异,c 降幅大于 a 和 d,b 降温最早,降速最快,降幅最大。这一天 a 与 b、c、d 室内平均温度相比温差分别为高 6.2℃、高 3.5℃、低 2.7℃。从图 4 可以看出,典型晴天(2012 年 12 月 23 日)a 与 b、c、d 室内地温相比,始终有 d＞a＞c＞b,这一天低温变化分为 3 个阶段,即 0:00—12:00 为降温阶段,12:00—19:00 为升温阶段,19:00—00:00 为平稳阶段,此期地温保持在较高水平。这一天 a 与 b、c、d 室内平均地温相比温差分别为高 4.4℃、高 3.3℃、低 1.1℃。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

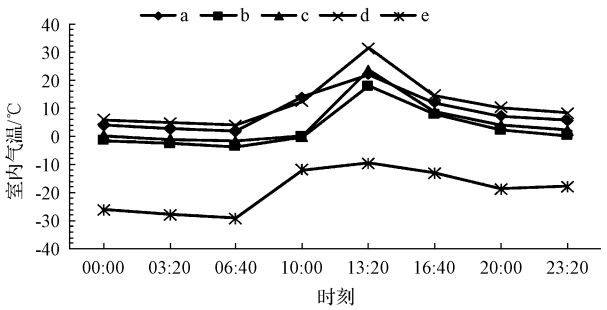

图 3 典型晴天(2012 年 12 月 23 日)4 种温室室内温度变化对比分析曲线

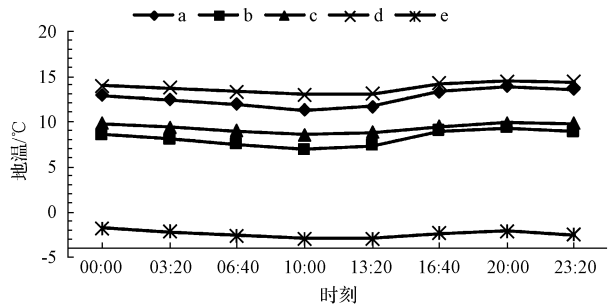

图 4 典型晴天(2012 年 12 月 23 日)4 种温室地温变化对比分析曲线

2.1.3 阴天温室内温度性能分析 由图 5 可知,典型阴天(2013 年 1 月 19 日)a 与 b、c、d 室内温度相比,10:00—13:20 有小幅升温过程,最高温度出现在 13:20 左右,此时 a、b、c、d 最高温度分别为 14.7、12.7、13.1、19.2℃,最低温度出现在 06:40,此时 a、b、c、d 分别是:8.2、5.0、5.5、14.9℃,最高与最低温度温差为 a 为 6.5℃、b 为 7.7℃、c 为 7.6℃、d 为 4.3℃,这一天 a 与 b、c、d 的室内平均温度相比温差分别为高 2.9℃、高 2.5℃、低 5.6℃。图 6 表明,典型阴天(2013 年 1 月 19 日)a 与 b、c、d 室内地温相比,4 种温室的地温全天没有大的变化,始终有 d>a>b>c,这一天 a 与 b、c、d 室内平均地温相比温差分别为高 3.8℃、高 4.1℃、低 2.6℃。

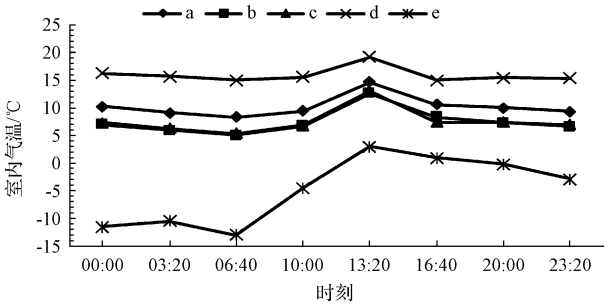

图 5 典型阴天(2013 年 1 月 19 日)4 种温室室内温度变化对比分析曲线

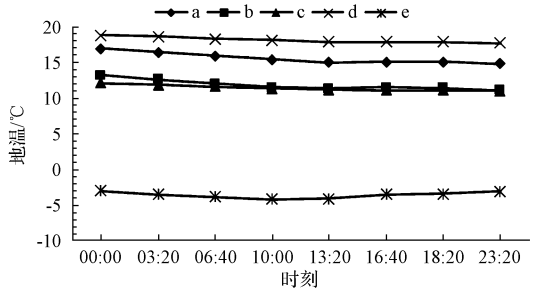

图 6 典型阴天(2013 年 1 月 19 日)4 种温室地温变化对比分析曲线

2.1.4 2014 年 1 月 21 日 16:00 至 22 日 14:00 温室内温度性能分析 从图 7 可以看出,2014 年 1 月 21 日 16:00 至次日 14:00,在外界平均气温－5.3℃,早 8:00 气温为－13.7℃情况下,室内早 8:00 A(6.9℃)<B(9.5℃);A 与 B 相比,表现出上午升温快,下午降温慢。从变化情况看,16:00—18:00,A 降幅较 B 明显。从图 8～12 可以看出,A 和 B 的地温均由前向后依次升高;A3 明显低于 A1 和 A2,与后室设置集雨发酵池和地下热交换沟有关;B1、B3、B2 无明显差异,与半地下结构有关。由此可以看出,2013 年 12 月 21 日 16:00 至次日 14:00,在外界平均气温－5.3℃,早 8:00 气温为－13.7℃情况下:室内 A3(13.8℃)的平均地温明显低于 B3(15.0℃);16:00,A1(18.5℃)>B1(17.2℃),A2(17.8℃)>B2(16.7℃);次日 8:00,A1(14.5℃)≈B1(13.4℃),A2(14.0℃)≈B2(14.1℃);14:00,A1(16.9℃)>B1(15.7℃),A2(16.9℃)>B2(15.9℃)。A 温室与 B 温室地温相比,A 温室白天地下蓄热多,夜间降温快,将大量的热量补偿到地上;B 温室较 A 温室前部散热慢,16:00—18:00 B1、B2、B3 无明显降幅。从上述 2 种类型日光温室不同部位的气温和地温对比分析,新型双屋面日光温室的热量主要被储存于地下,夜间温度下降是地面储存的热量补充予地上。热量损失主要在前沿,说明半地下式对温室的保温性影响较大。单从测定的数据看,新型双屋面日光温室比山东寿光式半地下土打墙日光温室早 8:00 最低气温低 2.5℃,地温低 0.4℃。

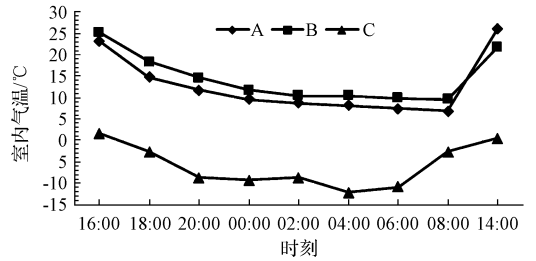

图 7 24 h(2014 年 1 月 21 日 16:00 至 22 日 14:00)A、B 温室室内温度变化对比分析曲线

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

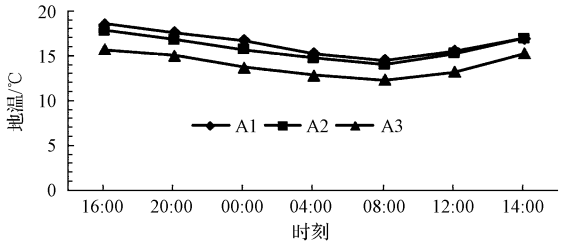

图 8　24 h(2014 年 1 月 21 日 16:00 至 22 日 14:00) A 温室内不同部位地温变化对比分析曲线

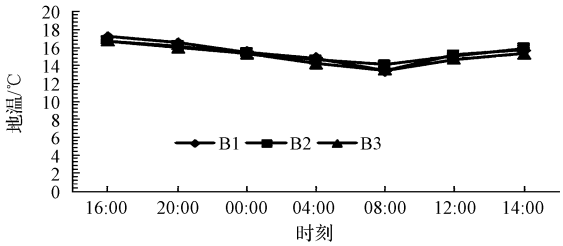

图 9　24 h(2014 年 1 月 21 日 16:00 至 22 日 14:00) B 温室内不同部位地温变化对比分析曲线

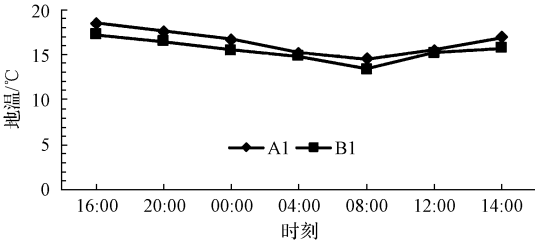

图 10　24 h(2014 年 1 月 21 日 16:00 至 22 日 14:00) A、B 温室内后部地温变化对比分析曲线

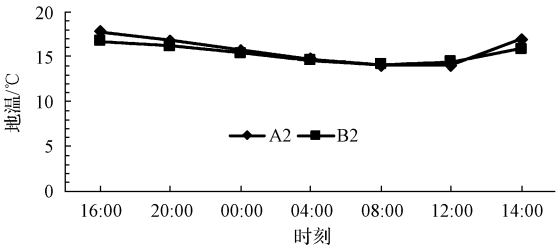

图 11　24 h(2014 年 1 月 21 日 16:00 至 22 日 14:00) A、B 温室中部地温变化对比分析曲线

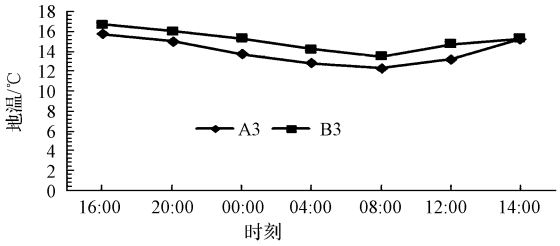

图 12　24 h(2014 年 1 月 21 日 16:00 至 22 日 14:00) A、B 温室前部地温变化对比分析曲线

2.2　光照强度的对比分析

2.2.1　冬至日温室内光照强度对比分析　从图 13 可以看出，冬至日(2012 年 12 月 21 日)a、b、c、d 光照强度 10:30—15:00 变化趋势与外界光照强度变化保持一致，这一段时间 a、b、c、d 平均光照强度分别为 20 134、20 857、19 124、21 574 lx，为 d>b>a>c。这一天 a 与 b、c、d 的室内平均光照强度相比分别为低 3.47%、高 5.28%、低 6.67%。

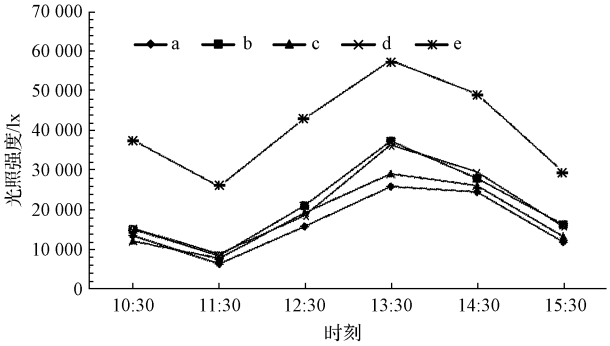

图 13　冬至日(2012 年 12 月 21 日)4 种温室室内光照强度变化对比分析曲线

2.2.2　典型晴天温室内光照强度对比分析　从图 14 可以看出，典型晴天(2012 年 12 月 23 日)10:30—15:00 室内光照强度 4 种温室的光照强度变化与外界光照强度变化保持一致，10:30—13:30 室内光照强度有一个小幅降低的过程，11:30—13:00 处于上升阶段，4 种温室的上升趋势基本保持一致，13:00—15:00 随着外界光照强度的减弱，室内光照强度开始下降，a 与 c 的下降幅度基本一致，b、d 的下降幅度较 a 偏大。这一天 a、b、c、d 的室内平均光照强度分别为 28 967、29 657、27 350、31 209 lx，为 d>b>a>c。这一天 a 与 b、c、d 的室内平均光照相比分别为低 2.33%、高 5.22%、低 6.65%。

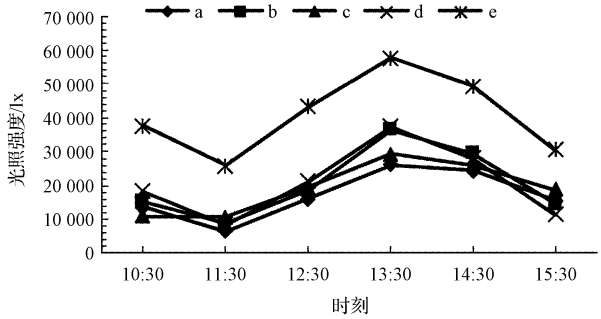

图 14　典型晴天(2012 年 12 月 23 日)4 种温室室内光照强度变化对比分析曲线

2.2.3　典型阴天温室内光照强度对比分析　从图 15 可以看出，典型阴天(2013 年 1 月 19 日)a、b、c、d 室内光照强度变化与外界光照强度变化保持一致，室内光照强度始终有 d>b>a>c。10:30—15:00，a、b、c、d 平均光照强度分别为 7 276、7 279、6 847、7 835 lx，有 d>b>a>c。这一天 a 与 b、c、d 室内平均光照强度相比分别为低

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

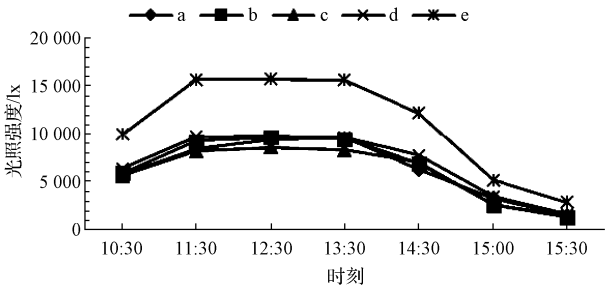

图 15 典型阴天(2013 年 1 月 19 日)4 种温室室内光照强度变化对比分析曲线

0.04%、高 6.26%、低 7.24%。

2.3 相对湿度的对比分析

2.3.1 冬至日温室内相对湿度对比分析 冬至日(2012 年 12 月 21 日),从图 16 可以看出,a、b、d 在 10:00 室内相对湿度开始下降较 c 早,c 从 12:00 开始下降,14:00 左右室内相对湿度达到最低值分别为 42%、54%、51%、43%,之后开始回升,回升幅度 4 种温室基本保持一致,在 18:00 都升到了最大相对湿度之后基本保持不变,a、b、c、d 的相对湿度都保持在 90%以上,这一天 a 与 b、c、d 室内平均相对湿度相比分别为高 2.26%、低 1.51%、高 0.06%。

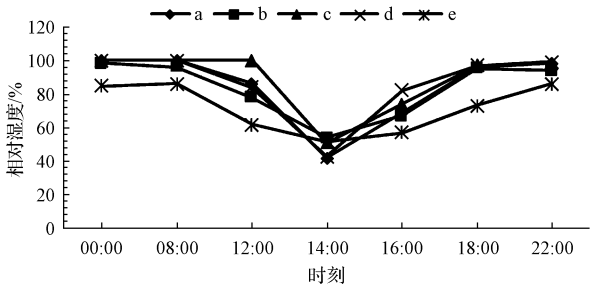

图 16 冬至日(2012 年 12 月 23 日)4 种温室室内相对湿度变化对比分析曲线

2.3.2 典型晴天温室内相对湿度对比分析 从图 17 可以看出,典型晴天(2012 年 12 月 23 日)a、b、c、d 的平均相对湿度分别为 82.1%、83.9%、88.3%、85.5%。由此得出这 4 个温室的平均相对湿度为:c>d>b>a。其日变化趋势与温度变化趋势相反,在 12:00 打开通风口后,

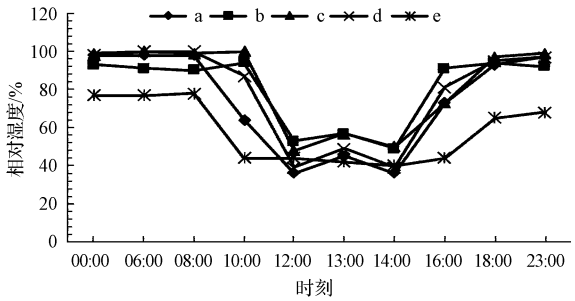

图 17 典型晴天(2012 年 12 月 23 日)4 种温室室内相对湿度变化对比分析曲线

由于温室内部温度的降低和外界空气的进入使室内空气相对湿度在 13:00 左右有一个小幅的回升过程。随后在 14:00 左右室内相对湿度达到最低值,随着光照强度的不断减弱和通风口的关闭,各个温室的相对湿度又开始逐渐上升。在 16:00 左右放下前屋面保温棉被后,各个温室的相对湿度都迅速回升到 90%以上。这一天 a 与 b、c、d 室内平均相对湿度相比分别为低 2.49%、低 5.94%、低 2.61%。

2.3.3 典型阴天温室内相对湿度对比分析 图 18 表明,典型阴天(2013 年 1 月 19 日)a、b、c、d 在阴天条件下室内湿度都比较高,全天变化不大,都保持在 75%以上,10:00—16:40 有一个小幅下降趋势,其余时段保持在稳定状态,在 14:00 左右室内相对湿度降到最低分别为 85%、85%、92%、77%,这一天 a 与 b、c、d 室内平均相对温度相比分别为高 0.26%、低 4.10%、高 3.61%。

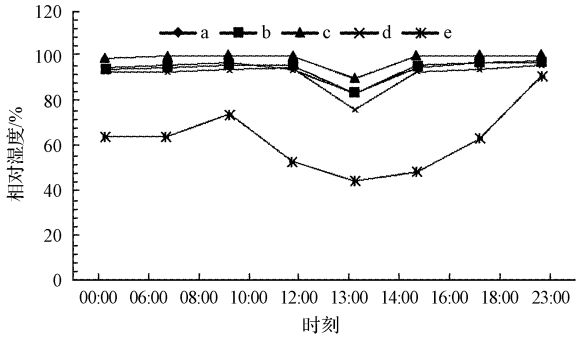

图 18 典型阴天(2013 年 1 月 19 日)4 种温室室内相对湿度变化对比分析曲线

2.4 投资性能分析预算

以相同长度及相同温室排间距计算,对新型日光温室、砖墙日光温室、寿光式土打墙 3 种温室在不同跨度下的造价预算。所有相同材料用同等质量的材料等价计算,造价包括材料价格及人工费用等。单位面积造价以室内净面积折合计算。

从表 2 可以看出,A(a)单位面积造价为 168.00 元/m^2,667 m^2 造价 11.2 万元;b、c、d 单位面积平均造价为 274.00 元/m^2,667 m^2 造价 18.3 万元;B 单位面积造价为 185.00 元/m^2,667 m^2 造价 12.3 万元。新型日光温室较砖墙日光温室造价降低了 38.68%,较寿光式土打墙温室降低了 9.12%。A(a)土地利用率为 62.50%,b、c、d 平均土地利用率为 57.25%,B 土地利用率为 43.40%。新型日光温室较 3 种砖墙温室的平均土地利用率提高了 9.17%,较寿光式土打墙温室提高了 44.01%。新型日光温室较砖墙温室跨度大,脊高高,空间大,有利于机械化操作,符合现代农业的发展理念。新型日光温室为钢框架结构,结构稳定,强度高,寿命优于土墙和砖墙温室。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表 2　　5 种温室结构及造价对比

项目	跨度/m	脊高/m	后墙高度/m	土地利用率/%	单位面积造价/(元·m^{-2})	寿命/年	备注
A(a)	12.0	4.7	—	62.50	168.00	12 以上	后室集雨发酵池
b	8.0	3.8	3.0	57.14	291.00	7～10	砖墙内夹 10.0 cm 泡沫板
c	8.0	3.1	2.2	57.60	253.00	7～10	砖墙后培沙和无纺布
d	8.0	3.3	2.5	57.01	278.00	7～10	砖墙外覆盖 15.0 cm 彩钢板
B	10.0	5.0	4.5	43.40	185.00	10 左右	后墙覆盖无纺布

3　结论与讨论

2012 年 12 月 15 日至 2013 年 1 月 21 日这一段时期的冬至日、典型晴天、典型阴天和 2014 年 1 月 21 日的试验数据，并分析研究了新型日光温室与传统 4 种日光温室室内光照、温度及相对湿度的差别。

试验结果表明，新型双屋面日光温室与砖墙日光温室相比：室内平均空气温度提高了 1.3℃，室内平均地温提高了 1.7℃，室内平均光照强度低 1.25%，室内平均相对湿度提高了 3.98%；分别与砖墙＋内保温层日光温室、砖墙培沙日光温室、砖墙＋外保温层日光温室对比如下：冬至日室内平均温度分别为高 4.0℃、高 2.2℃、低 1.8℃，平均地温分别为高 3.1℃、高 1.8℃、低 1.8℃，平均光照强度分别为低 3.47%、高 5.28%、低 6.67%，平均相对湿度分别为高 2.26%、低 1.51%、高 0.06%；典型晴天室内平均温度分别为高 6.2℃、高 3.5℃、低 2.7℃，平均地温分别为高 4.4℃、高 3.3℃、低 1.1℃，平均光照强度分别为低 2.33%、高 5.22%、低 6.65%，平均相对湿度分别为低 2.49%、低 5.94%、低 2.61%；典型阴天室内平均温度分别为高 2.9℃、高 2.5℃、低 5.6℃，平均地温分别为高 3.8℃、高 4.1℃、低 2.6℃，平均光照强度分别为低 0.04%、高 6.26%、低 7.24%，平均相对湿度分别为高 0.26%、低 4.10%、高 3.61%。2014 年 1 月 21 日时新型日光温室与寿光式土墙日光温室相比室内平均温度低 2.0℃，室内地表下 0.15 m 处的温度低 0.2℃。新型日光温室造价较砖墙日光温室造价降低了 38.68%，较寿光式土打墙温室造价降低了 9.12%；新型日光温室土地利用率较 3 种砖墙温室的平均土地利用率提高了 9.17%，较寿光式土打墙温室土地利用率提高了 44.01%。新型日光温室较砖墙温室温度高，相对湿度高，光照强度接近，跨度大，脊高高，空间大，寿命优于土墙和砖墙温室；是一种优化温室结构。

新型双屋面日光温室是扩大了室内地面蓄热，提高了温室保温比，同时配套了地下防寒隔热、多层保温、秸秆发酵放热和水热交换等措施，显著提高了室内温室温度。新型双屋面日光温室需在东西山墙、脊顶棉被固定处、脊顶走道覆盖材料、前后室分布等影响温室内部光照强度的因素上加以改进。改进后的该新型双屋面日光温室将是一种造价低廉、土地利用率高、积水节水、空间大适合机械化操作等优点集于一身，深受广大建设者和种植户青睐的一种的温室结构。

参考文献

[1]　TONG G,CHRISTOPHER D M,LI T,et al. Passive solar energy utilization:A review of cross-section building parameter selection for Chinese solar greenhouses[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews,2013,6:540-548.

[2]　WANG J,LI S,GUO S,et al. Simulation and optimization of solar greenhouses in Northern Jiangsu Province of China[J]. Energy and Buildings,2014,78:143-152.

[3]　魏晓明，周长吉，曹楠，等. 中国日光温室结构及性能的演变[J]. 江苏农业学报，2012，28(4)：855-860.

[4]　陈端生，郑海山，张建国，等. 日光温室气象环境综合研究(三)-几种弧型采光屋面温室内直射光量的比较研究[J]. 农业工程学报，1992，8(4)：78-82.

[5]　陈端生. 中国节能型日光温室的理论和实践[J]. 农业工程学报，2001(1)：22-26.

[6]　张勇. 西北日光温室传热学简化模型构建及温光高效新结构初探[D]. 杨凌：西北农林科技大学，2012.

[7]　张泽民，王双喜. 大跨度无支柱日光节能温室性能的研究[J]. 内蒙古农业大学学报，2007，28(3)：11-15.

[8]　李天来. 论建立与完善我国日光温室生产现代化示范区的重要性[C]//西部大开发科教先行与可持续发展-中国科协 2000 年学术年会文集. 北京：中国科学技术出版社，2000.

[9]　吴毅明，曹永华，孙忠富，等. 温室采光设计的理论分析方法[J]. 农业工程学报，1992，8(3)：73-80.

[10]　刘彦辰，罗庆熙，邹志荣. 陕西关中地区不同结构日光温室光温环境分析[D]. 重庆：西南大学，2012.

[11]　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(1)：158-163.

[12]　张勇，邹志荣，李建明. 倾转屋面日光温室的采光及蓄热性能试验[J]. 农业工程学报，2014，30(1)：129-137.

[13]　李国师，谢士估，王海东. 日光温室地温变化规律与调控[J]. 中国农业气象，1996，17(4)：38-40.

[14]　高志奎，魏兰阁，王梅，等. 日光温室采光性能的实用型优化研究[J]. 河北农业大学学报，2006(1)：1-5.

[15]　魏晓明，周长吉，曹楠，等. 基于光照的日光温室总体尺寸确定方法研究[J]. 北方园艺，2010(15)：1-5.

[16]　王静，崔庆法，林茂兹. 不同结构日光温室光环境及补光研究[J]. 农业工程学报，2002，18(4)：86-89.

[17]　刘建，周长吉. 日光温室结构优化的研究进展与发展方向[J]. 内蒙古大学学报，2007，28(3)：264-268.

[18]　彭致功，段爱旺，郜庆炉. 节能日光温室光照强度的分布及其变化[J]. 干旱地区农业研究，2003，21(2)：37-40.

[19]　邹志荣，李建设，王乃彪，等. 日光温室温度变化与热量状态分析[J]. 西北农业学报，1997，6(1)：58-60.

[20]　李小芳. 日光温室的热环境数学模拟以其结构优化[D]. 北京：中国农业大学，2005.

[21]　杨献光. 赵宝存，齐志广. 日光性温室内温度梯度变化的观察与分析[J]. 河北师范大学学报(自然科学版)，2005，29(1)：79-84.

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

[22] 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(11):154-160.
[23] 陈端生.中国节能型日光温室建筑与环境研究进展[J].农业工程学报,1994,10(1):123-128.
[24] 榆林地区志编写组.《榆林地区志》卷二[M].西安:西北大学出版社,1994.

Comparative Study of Four New Solar Greenhouse With Traditional Performance and Investment in Greenhouse

SU Xiong[1,2],LI Jianming[1]
(1. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. The Horticulture Sericulture Workstations in Shenmu, Shenmu, Shaanxi 719300)

Abstract: A comparison study about new double roof solar greenhouse and traditional four solar greenhouse was conducted the experimental data of December 21st, 2012 (winter solstice), December 23th (typical sunny), January 19, 2013 (typical cloudy) and from at 16:00 on January 21st, 2014 to at 14:00 on January 22th, the performance of indoor light intensity, temperature, ground temperature, relative humidity, and the cost, space, life and other research new dual roof solar greenhouse performance was studied, to seek a optimizatal greenhouse structure, for the majority of growers. The results showed that the new solar greenhouse with three kinds of brick wall in greenhouse average compared: indoor average temperature increase of 1.3℃, the indoor underground 0.1 m at an average ground temperature improved 1.7℃, the average indoor light intensity low of 1.25%, the average indoor relative humidity improved 3.98%; new solar greenhouse Shouguang formula compared to the average temperature of the walls greenhouses low 2.0℃, indoor ground temperature low 0.2℃; the new solar greenhouse cost representing three kinds of brick in greenhouse cost reduced by an average 38.68%, compared with the cost of solar greenhouse Shouguang style walls reduced 9.12%; new solar greenhouse land usage was brick greenhouse land utilization rate increased by an average 9.17%, compared with Shouguang formula walls in greenhouse land utilization by 44.01% compared with the brick wall of new solar greenhouse temperature, high relative humidity, light intensity close to the span, life was better than brick walls and greenhouses;. was an optimization of the greenhouse structure.

Keywords: the new solar greenhouse; indoor air temperature; geothermal; light intensity; relative humidity; land use; cost

欢迎订阅 2016 年《农业科技通讯》

农业部主管　中国农业科学院主办　全国农业核心期刊

刊　　号:ISSN1000-6400　CN11-2395/S　　邮发代号:2-602　月刊　每月 17 日出版
单　　价:15.00 元　　全　　年:180.00 元

全国各地邮局及本刊编辑部均可订阅

展示优良品种
荟萃科技成果
聚合实用技术

本刊及时报道种植业最新研究成果,尤其是种子方面的新品种、新技术。侧重大田,兼顾园艺,是种植业者首选刊物。

主要栏目:专题论述、试验研究、粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、西甜瓜、林木花卉、人物风采等。内容丰富翔实、信息量大、技术实用。

地址:100081 北京中关村南大街 12 号《农业科技通讯》编辑部
电话:010－82109664　82109665　82106276　　**传真**:010－82109664　**E-mail**:tongxun@caas.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn