

不同结构日光温室光环境及补光研究

王 静, 崔庆法, 林茂兹

(兰州大学)

摘 要: 光照状况是影响日光温室生产力的重要因素。在建筑材料相同的情况下, 结构(几何形状)对温室内光照起决定性作用。为具体分析不同结构温室内光环境, 分别对单斜面、抛物面、圆- 抛物面三种结构类型日光温室内不同位点的光照进行了测定、比较和分析, 结果表明: 圆- 抛物面温室虽然提高了透光率, 南北方向上光照度也较其他两温室均匀, 但室内光照度仍远低于室外, 且南北方向上光照度仍有明显差异。在温室后墙上张挂反光膜以补充温室内后墙附近光照度, 可以缩小温室内南北方向上光照度的差异, 有效地改善温室内整体光环境, 提高作物产量。

关键词: 日光温室; 光环境; 反光膜

中图分类号: S625

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0420086204

节能型日光温室中, 光照是其获取能量的唯一来源, 光是温室内气候环境中的主导因子, 它决定着日光温室内的光照度、温度、湿度等诸因子的状况甚至温室的整体环境状况, 从而决定着温室中作物的生长发育以及经济产量。对于温室采光的设计国内外有很多研究^[1~3]。但这些研究大多只着重于建筑结构优化的理论研究, 模型比较简化(未考虑作物), 对室内光环境垂直、水平方向上分布的研究较少。本试验选取结构类型不同的 3 种日光温室, 比较分析其室内光环境, 并在此基础上研究温室后墙悬挂反光膜对温室内光环境、温度以及温室作物产量的影响, 以期在较少的投资下实现对现有日光温室生产潜力的进一步挖掘。

1 研究方法

1.1 试验区自然概况

试验于 2000 年 9 月~ 2001 年 2 月进行, 试验区位于甘肃省酒泉市泉湖乡三八科技示范基地(98° 31'E, 39° 45'N), 海拔 1 520 m, 年降水量 85.3 mm, 年蒸发量 2 148.8 mm, 年日照时数 3 033 h, 无霜期 157 d, 年平均气温 7.3℃, 7 月平均气温 21.8℃, 1 月平均气温 -9.7℃, 属中温带干旱气候区。

1.2 试验温室

单斜面日光温室(House 1)1 座, 抛物面温室(House 2)1 座, 圆- 抛物面温室(House 3)2 座, 工程参数(图 1), 温室长度均为 49 m, 墙体均为土坯

(厚度: 1 m)筑成, 前屋面均以新聚氯乙烯无滴长寿膜覆盖。其中单斜面温室有四排钢筋混凝土立柱, 棚顶骨架为竹木结构; 抛物面温室即目前在我国北方广为推广的传统温室, 圆- 抛物面温室棚顶采用钢管骨架, 圆面- 抛物面组合采光屋面, 无立柱^[4]。

抛物面温室采光面回归方程为

$$\begin{cases} y = -0.0938x^2 + 1.0393x + 0.2158 & (0, 5.4) \\ R^2 = 0.9931 \end{cases}$$

式中 y —— 采光屋面的垂直坐标; x —— 采光屋面的水平座标; R —— 拟合相关系数。

圆- 抛物面型温室采光面方程为(根据建筑图纸得到)

$$\begin{cases} (x - 4.84)^2 + (y + 1.36)^2 = 25 & (0, 4.64) \\ y = 0.323x + 2.14 & (4.64, 5.6) \end{cases}$$

式中 x —— 采光屋面的水平座标; y —— 采光屋面的垂直坐标。

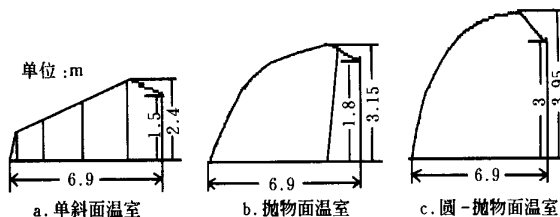


图 1 三种温室的结构

Fig 1 Structures of 3 solar greenhouses

1.3 温室内光照度测定

对单斜面、抛物面温室、圆- 抛物面温室内光照度进行定点测定(测定位置分布如图 2), 测试仪器为 CIRA S21 便携式光合仪(测定值为光合有效辐射), 在南北取向的 3 条线上(垄间)每隔 1 m 均匀选取 6 个点(标号为 F, S, T, Fo, Fr, Si), 第 7 个点为

收稿日期: 2001210208 修订日期: 2001212215

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(G200018603)及甘肃省计委项目(甘计投[2000]736 号)

作者简介: 王 静, 教授, 兰州 兰州大学干旱农业生态国家重点实验室, 730000 Email: cuiqf@263.net

6.5 m 处(标号为 Se, 操作道为 0.4 m), 即温室种植面积的最北端。然后分别在 7 个点的垂直方向上选定距地面高度分别为 0.05、0.5、1、1.5、2 m, (对于温室内空间高度不足 2 m 的, 取接近棚膜位置) 点测定光照度。然后对 3 条线上的每个相对对应点取平均值进行分析。

于 2000 年 12 月 11~13 日(均为晴天)正午 12:00 时测定(时值作物平均高度 0.5 m), 用 2 个照度计同时逆顺序测定各点光照度, 取平均值。

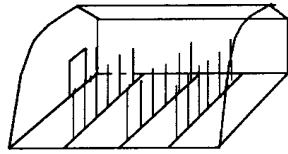


图 2 光照测定位置
Fig 2 Positions of illumination measurement

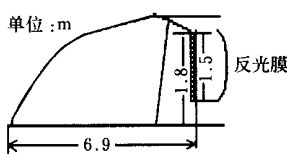


图 3 反光膜悬挂位置
Fig 3 Position of reflecting film hanging

1.4 室外光照测定

测定室外 0.05、0.5、1、1.5、2.0 m 处光照度, 取平均值。

1.5 反光膜补光

在对单斜面、抛物面和圆-抛物面温室内光环境分析的基础上, 确定采用反光膜(镀铝薄膜)进行补光, 根据对试验地秋分和春分时节太阳高度角及温室后屋面仰角的分析, 后屋面在后墙无投影, 为操作方便将反光膜悬挂在离后墙底脚以上 0.3 m 处(以 House 3 EXP 为标记, 如图 3)。于 2000 年 12 月 17~19 日(均为晴天)测定室内光照并与 House 3 CK 对照, 进行光环境的分析。

1.6 温度测定

与 1.5 试验同步进行, 分别监测 House 3 EXP 与 House 3 CK 中部每日早 6:00 和正午 12:00 的空气温度。

1.7 温室黄瓜的种植

所有温室均种植黄瓜(Cucumis sativus), 品种为“新泰密刺”, 用黑籽南瓜(Cucurbita ficifolia)进行嫁接。整个生长期间进行同样的管理, 并记录 House 3 EXP 与 House 3 CK 病虫害发生、使用农药及产量情况。定植时间为 2000 年 10 月 2 日, 25 垄, 850 株(2 行 6 垄), 株距 0.4 m, 行距 0.33 m。中期由于管理等原因植株受到人为损害, 其中, House 3 EXP 10 株, House 3 CK 20 株。

2 结果与分析

2.1 三种不同结构温室内光环境比较

单斜面温室是典型的琴弦式温室, 其前屋面基

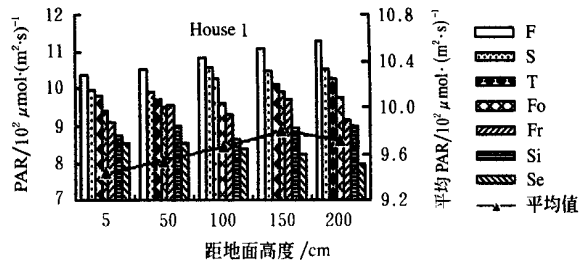


图 4 单斜面温室内光照
Fig 4 Illumination in single slope greenhouse

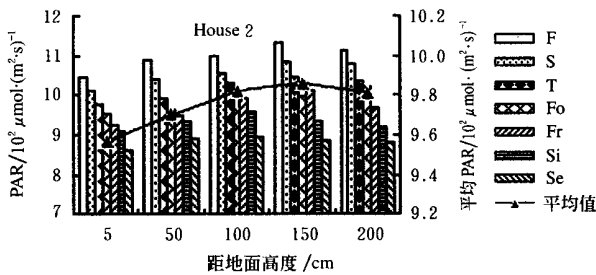


图 5 抛物面温室内光照
Fig 5 Illumination in paraboloid greenhouse

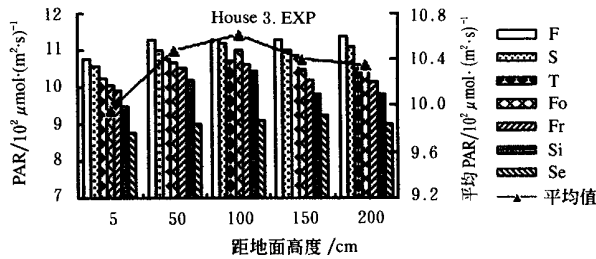


图 6 圆-抛物面温室内光照
Fig 6 Illumination in circle paraboloid greenhouse

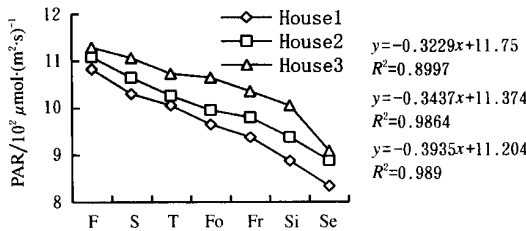


图 7 三种温室内光照度
Fig 7 The illumination in three greenhouses

本是平面形状。在南北方向 7 个点上的光照差异较大, 在不同高度上的光照的积累以 1.5 m 处最高, 其次为 1 m。由图 4~6 可以看出: 抛物面温室 7 个测定点的差异相对于单斜面温室较小, 但又大于圆-抛物面温室。在不同高度上的光照积累, 单斜面温室差别不大, 抛物面温室和圆-抛物面温室差别较大, 其中抛物面温室的差别又大于圆-抛物面温室。就室内光照度而言, 圆-抛物面温室>抛物面温室

> 单斜面温室。从 3 种温室南北方向上光照度差异图中可看出,单斜面温室最大,抛物面温室和圆-抛物面温室相近,但以圆-抛物面温室最小(图 4~7)。与外界光照相比(图 8),温室内 30 个点透光率平均值分别为:单斜面温室 70.2%,抛物面温室 72.7%,圆-抛物面温室 74.8%。

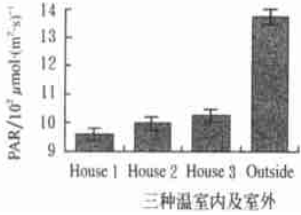


图 8 三种温室内 30 个点的光照度平均值与外界光照度
Fig. 8 The inside and outside illuminations of the three greenhouses

2.2 反光膜对室内光环境的影响

图 4~图 7 表明,上述 3 种温室中,越靠近后墙光照度越小。有资料表明^[5,6],温室内单位面积上所获得的直射光累积值,后墙上最多,其次是地面。因此本试验采取在后墙上悬挂镀铝薄膜,把直射在后墙上的部分阳光反射到温室的中后部。

试验结果表明,悬挂反光膜后在距地面不同高度的南北水平方向上的光照差异比对照温室明显减小(公式的斜率相差很大),而且还增大了室内的光照度。尤其是距地面 0.5、1.0 m 处对光照差异的改善最为明显(图 9~12)。

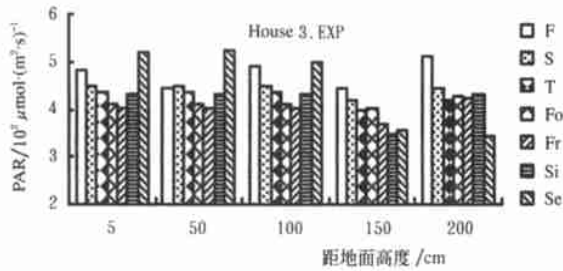


图 9 挂反光膜温室平面光照度
Fig. 9 The inside illumination of greenhouse with reflecting film

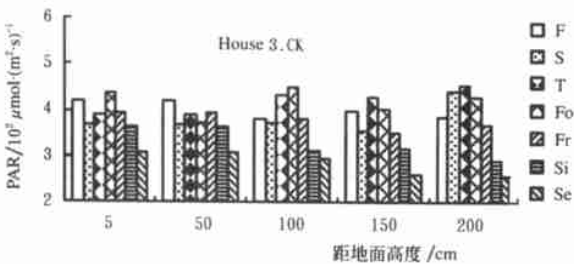


图 10 无反光膜温室平面光照度
Fig. 10 The inside illumination of greenhouse without reflecting film

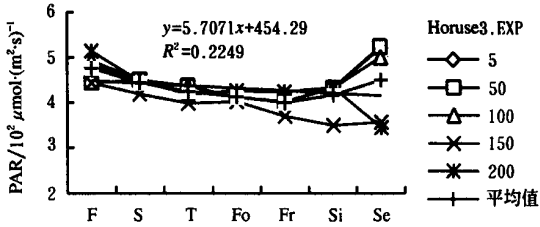


图 11 挂反光膜温室光照梯度
Fig. 11 The illumination grades inside greenhouse with reflecting film

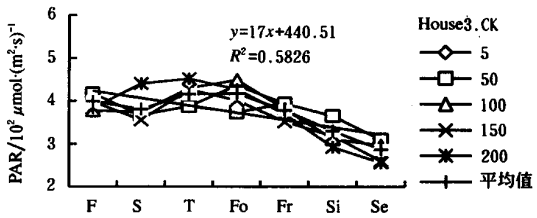


图 12 无反光膜温室光照梯度
Fig. 12 The illumination grades inside greenhouse without reflecting film

2.3 悬挂反光膜后温度的比较分析

温室后墙悬挂反光膜后,可以明显改善温室内的光环境,提高温室整体的光照度水平。温室气温的监测结果(图 13、图 14)却表明:试验温室正午时气温比对照温室高(如图,高出 1.6℃),凌晨又低于对照温室(0.7℃)。在日光温室中,白天后墙贮存的热量仅次于地面^[6],显然这是由于原来被后墙吸收的光辐射的热量,被反光膜反射到温室空间内,提高了温室内气温,对照温室由于后墙吸收了辐射热,使白天的热量得以贮存,晚间缓慢释放,使凌晨温室内的气温高于试验温室。这表明镀铝反光膜在夜间虽有阻隔热辐射的保温作用,但本试验结果表明:其保温调控温度的效果不如后墙白天贮热、夜晚放热的。白天反光膜减弱了后墙的贮热。

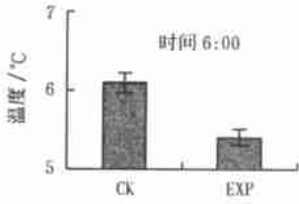


图 13 凌晨室内气温比较
Fig. 13 Air temperature inside greenhouse in early morning

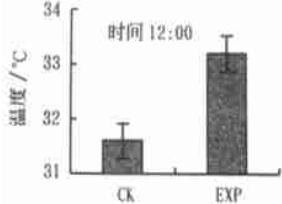


图 14 正午室内气温比较
Fig. 14 Air temperature inside greenhouse at noon

2.4 效益分析

反光膜是从当地市场上购得,共 49 m, 1.5 元/m, 计 73.5 元,温室种植面积为 330 m²,投入为

0.22 元/m²。悬挂反光膜后整个温室产量比对照高 (10.3-9.4) × 330 = 297 kg, 试验温室投入比对照温室多 0.22 元/m², 但收入比对照温室多 2.5 元/m², 产出投入值大于 10, 经济效益非常可观的。

3 结论和讨论

圆- 抛物面温室内的光环境明显优于前 2 种温室, 但仍有缺陷。温室内后墙悬挂反光膜增加了后墙对光的反射, 对温室内光环境有所改善, 但却减弱了后墙热量缓冲的作用, 影响了温室内夜间温度。因此正确掌握反光膜使用时间和合理控制反光膜的面积, 在不使作物受到寒害的情况下, 可望有较大的经济效益。但在冬季比较寒冷的地区和时期, 反光膜的应用要慎重, 以免致使凌晨温度过低, 使作物受害。

[参 考 文 献]

[1] 陈端生, 郑海山, 张建国等. 日光温室气象环境综合研究() [J]. 农业工程学报, 1992, 8(4): 78~ 82

[2] Critten D L. The effect of house length on the light transmissivity of single and multispans greenhouse [J]. J of Agric Engng Res, 1984, 32: 163~ 172

[3] 孙忠富, 吴毅明, 曹永华等. 日光温室中直射光的计算机模拟方法 [J]. 农业工程学报, 1993, 9(3): 36~ 42

[4] 王 静, 李召祥, 王自忠等. 集水工程、沼气池与日光温室联体构筑的研究 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 51~ 54

[5] 曹永华, 孙忠富, 吴毅明等. 温室采光辅助设计软件 (CRLT) 的研制 [J]. 农业工程学报, 1992, 8(4): 69~ 77.

[6] 梁学功. 半干旱区集雨型日光温室生态系统的研究 [D]. 兰州: 兰州大学干旱农业生态国家重点实验室, 1999

Illum ination Environment of D ifferent Structural Solar Greenhouses and Their Supplem ent Illum ination

W ang J ing, Cui Q ingfa, L in Maozi

(The S tate Key Laboratory of A rid A groecology, L anzhou University, L anzhou 730000, China)

Abstract Light illum ination is the important factor that affects the performance of solar greenhouse. Structure (geometric shape) of solar greenhouse has a direct effect on light illum ination when using the same constructing materials. The results analyzing light illum ination inside three different structural solar greenhouses, i e , single slope greenhouse, parabolic greenhouse, circle-parabolic greenhouse, show that circle-parabolic greenhouse can reduce the difference of light illum ination between south and north and rise light transmissivity, but light illum ination inside house is less than that outside, and the difference of light illum inations was notable. Reflecting film was covered on the back wall of greenhouse. In a word, above methods can reduce the difference of light and ameliorate illum ination between south and north notably in the greenhouse, and improve the light environment still in the locations close to the back wall. This method can increase crop yield.

Key words: solar greenhouse; illum ination environment; reflecting film