

日光温室山墙对室内太阳直接辐射得热量的影响

李小芳, 陈青云

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘要: 该文计算了日光温室室内各个面的太阳直接辐射, 结果表明: 山墙内侧的太阳直接辐射日变化规律不同于室内其它各个面。对于长度较短的温室, 如果忽略山墙的作用, 将会忽略山墙内外侧太阳辐射对室内得热的影响, 同时忽略山墙在室内各个面产生的阴影, 从而高估了室内其它面的太阳辐射得热, 高估值随着温室长度的递减而递增, 给日光温室热环境的分析带来误差。该文还测量了日光温室各个面的热流量, 分析了山墙的蓄热放热过程及其随温室长度变化对室内得热的影响。因此, 对长度较短的温室, 必须考虑山墙对室内得热的影响, 同时也为日光温室长度的确定和室内作物布局提供理论依据。

关键词: 太阳直接辐射; 日光温室; 温室得热估算; 太阳方位角; 山墙

中图分类号: S625.5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0241-05

0 引言

日光温室的墙体和后屋面为重质实心材料, 对太阳辐射主要是吸收和反射。与土壤一样, 在白天吸收太阳辐射而蓄热, 夜间向室内放热, 从而保证寒冷季节夜间室内气温不至于降得太低太快。但目前国内大多数文献认为日光温室的长度远远大于跨度, 而只分析北墙的太阳辐射情况和夜间放热, 模型研究者也仅考虑北墙接受的太阳辐射^[1-6], 而忽略山墙接受的太阳辐射对室内得热的影响, 也不考虑由山墙在地面、墙体产生的阴影对各个面太阳直接辐射得热的影响。早期陈青云分析了日光温室地面阴影率的日变化, 考虑了温室方位和长度对地面阴影率的影响^[7]。日本的畔柳武司对中国的日光温室山墙的阴影进行了粗略的分析, 但将山墙顶端处理为一个三角形, 而实际日光温室山墙体呈曲面, 因此低估了东西墙在地面产生的阴影^[8]。

在实际生产中, 温室的长度并不是远远大于跨度, 因此, 对于长度较短的日光温室, 如果忽略山墙的作用, 则会忽略山墙内外侧接受的太阳辐射, 也忽略其在室内各个面产生的阴影, 从而高估各个面的太阳辐射得热, 而给日光温室的热环境分析带来误差, 也不能给室内作物布局以正确的指导。因此有必要分析山墙接受的太阳直接辐射和由其产生的阴影, 分析其与温室长度的关系。

1 供试日光温室的结构参数及实验布置

供试日光温室位于中国农业大学西区科学园(纬度 39.33°, 温室坐北朝南, 温室方位角 0°, 脊高 3.3 m, 北墙高 2.1 m, 后屋面投影长 1.25 m, 墙体(24 cm 红砖+12 cm 聚苯泡沫板+24 cm 红砖)和后屋面都是重质实心材料, 跨度 6 m, 温室长度 26 m, 前屋面覆盖材料使

用具有流淌性的 PVC 膜, 厚度 0.1 mm, 夜间使用保温被, 早 9:00 左右揭帘, 晚 16:30 左右闭帘, 具体视天气条件决定揭帘与闭帘时间。

东西北墙的内外侧 1.50 m 高和后屋面外侧适当位置处各置一个热流量板, 温室中央土壤深 0.01 m 和 0.03 m 处各置一个热流量板。2001 年 12 月 5 日 8:00 至 2002 年 3 月 22 日 10:00 对供试日光温室热流量进行连续观测, 每隔 10 min 采集一次数据。

2 理论计算

2.1 墙体的太阳直接辐射

日光温室墙体外侧的太阳直接辐射 I_w (W/m^2) 可按下式计算

$$I_w = I_0(1 + 0.033 \cos(360x/370)/R_0^2 \cdot P_2^m \cdot \cosh \cdot \cos(A - \gamma))^{[9]} \quad (1)$$

墙体内侧的太阳直接辐射 I_w (W/m^2) 可按下式计算

$$I_w = I_w \cdot R_k^{[9]} \quad (2)$$

式中 I_0 ——太阳常数, W/m^2 ; x ——日序号(1月1日时 $x = 1$, 12月31日 $x = 365$ 或 $x = 366$); R_0 ——日地平均距离修正系数; P_2 ——大气透明度; m ——大气质量数; h ——太阳高度角; A ——太阳方位角; γ ——墙体法线在水平面上的投影与正南向的交角, 称壁面方位角。墙体面偏东为负, 偏西为正, 正南为零。如果日光温室方位角为 α , 墙体各个壁面方位角分别为: 北墙内侧 $\gamma = \alpha$, 东墙内侧 $\gamma = \pi/2 + \alpha$, 西墙内侧 $\gamma = -\pi/2 + \alpha$, 北墙外侧 $\gamma = \pi + \alpha$, 东墙外侧 $\gamma = -\pi/2 + \alpha$, 西墙外侧 $\gamma = \pi/2 + \alpha$; R_k ——投射到山墙的前屋面某小折面的透光率, 与前屋面小折面的倾角、覆盖材料太阳高度角有关。

2.2 日光温室坐标设定及山墙节点投影坐标

为了计算日光温室山墙在室内各个面产生的阴影面积, 必须设定日光温室的坐标, 如图 1 所示, 将坐标原点定在西墙与地面、北墙的交点, 温室北墙内侧法线方向为 X 轴, 地面垂直向上的方向为 Y 轴, 温室长度方向为 Z 轴, 如图 1, 2 所示, 日光温室 X 轴与正南方向的夹

收稿日期: 2003-10-19 修订日期: 2004-02-22

作者简介: 李小芳, 女, 博士生, 从事设施园艺环境工程研究。北京中国农业大学农学与生物技术学院, 100094

通讯作者: 陈青云 教授, 北京 中国农业大学农学与生物技术学院, 100094。Email: chenqy@cau.edu.cn

角为日光温室方位角 α

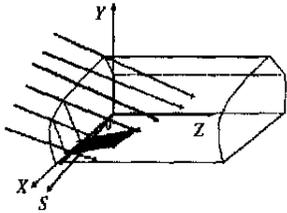


图1 日光温室坐标墙体阴影示意图
Fig.1 Greenhouse coordinate and the shade of the wall

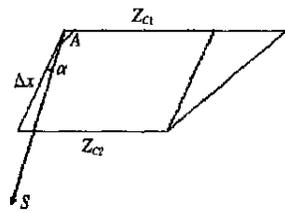


图2 小折面阴影面积示意图
Fig.2 Shade area of the little surface

为了计算山墙体高度不同的各个节点的投影位置, 先将日光温室的山墙顶端曲面转化为平面, 将曲面划分为 N 个小折面, 当 N 足够大时, 即可逼近曲面^[9]。

给定一个整数 N

$$\Delta X = (X I - P) / N \quad (3)$$

地面等分点 i 的横坐标 X_i 为

$$X_i = P + i \cdot \Delta x \quad (4)$$

式中 $X I$ ——温室的跨度, m; P ——后屋面投影长度, m; Δx ——相邻两节点的距离, m。

西墙任一节点 C 在水平面的投影点 C 的 X 坐标为 X_{CE} , Z 坐标为 Z_{CE} , 其关系表达为

$$X_{CE} = X_i - H \cdot \text{ctgh} \cdot \cos(A - \alpha) \quad (5)$$

$$Z_{CE} = H \cdot \text{ctgh} \cdot \sin(A - \alpha) \quad (6)$$

东墙任一节点 C 在水平面投影点在 X 轴方向的投影坐标 X 坐标同于西墙, Z 坐标为 Z_{CW} 为

$$Z_{CW} = Y I - H \cdot \text{ctgh} \cdot \sin(A - \alpha) \quad (7)$$

式中 H ——山墙任一节点的高度, m; $Y I$ ——温室长度, m。

2.3 X 轴及 Y 轴方向阴影的判断依据

某个节点的投影可能落在后屋面、北墙、地面上, 而 X 轴方向和 Y 轴方向是确定阴影落点的关键, 根据公式 (5) 可得到节点投影在 X 轴方向的位置, 某节点的投影落点的判断依据是: 如果节点 i 的 X 轴投影 $X_c > 0$, 则阴影点落在地面上。

如果节点 i 的 X 轴投影 $X_c < 0$, 则阴影点落在北墙上, 阴影点位置 X_w 可用下式计算

$$X_w = X_c \cdot H / (X_c - X I) \quad (8)$$

如果节点 i 的 X 轴投影 $X_w > Z_n$, 则阴影落在后屋面上, 阴影点位置 X_r 可用下式计算

$$X_r = (X_c - X I) / H \cdot (X_w - Z_n) / (X_c / H \cdot \sin \beta - \cos \beta) \quad (9)$$

式中 Z_n ——北墙的高度, m; β ——后屋面仰角。

2.4 小折面在地面阴影面积

如图 2 所示, Z_{c1} , Z_{c2} 分别为相邻两节点在地面的投影长度, 图 2 为图 1 的某一小折面的投影面积图, A 为太阳方位角, 温室方位角为 α 时, 考虑到 α 不一定为 0, 则山墙在地面上产生的阴影面积为

$$\text{平行四边形面积: } S_1 = \Delta x \cdot Z_{c2} \cdot \sin(A + \alpha) \quad (10)$$

$$\text{三角形面积: } S_2 = \frac{1}{2} (Z_{c1} - Z_{c2}) \cdot \Delta x \cdot \sin(A + \alpha) \quad (11)$$

$$\text{山墙在地面的阴影总面积: } S_g = \sum_{i=1}^{N-1} (S_1 + S_2) \quad (12)$$

式中 $N-1$ ——在地面上产生阴影的小折面总数。

2.5 小折面在北墙和后屋面投影面积

根据公式 (8)、(9) 相邻两节点的阴影如果落在后屋面 S_w 和北墙 S_r 上将形成一个梯形, 梯形的面积为

$$S_w = \frac{1}{2} (X_{w1} - X_{w2}) \cdot (Z_{c1} + Z_{c2}) \quad (13)$$

$$S_r = \frac{1}{2} (X_{r1} - X_{r2}) \cdot (Z_{c1} + Z_{c2}) \quad (14)$$

山墙的阴影百分比

$$S_{yy} = \frac{S_y}{X I \cdot Y I} \times 100\% \quad (15)$$

式中 S_y ——表示分别在地面、北墙、后屋面上的多个小折面产生的阴影面积之和。

从公式 (15) 可以看出, 山墙在各个面产生阴影的百分比与温室的跨度与长度乘积成反比, 一般来说, 跨度由温室的剖面结构确定, 而温室的长度则是可变的, 当温室长度减少时, 阴影率增加, 对室内的太阳辐射得热影响将加大。

3 计算结果与分析

3.1 山墙的太阳直接辐射对室内得热的影响

日光温室的山墙是平行的, 东墙外侧与西墙内侧, 东墙内侧与西墙外侧接受太阳直接辐射是同步的, 即随太阳高度角的变化, 同时接受太阳直接辐射, 或同时接受不到太阳直接辐射。在文献 [10] 中对山墙内外侧的太阳直接辐射进行了分析和计算。作为实心材料的东、西墙, 白天接受太阳辐射而蓄积热量, 从而对日光温室的室内得热产生影响。受墙体方位角的影响, 山墙的内侧接受的太阳直接辐射与其他几个面不同。

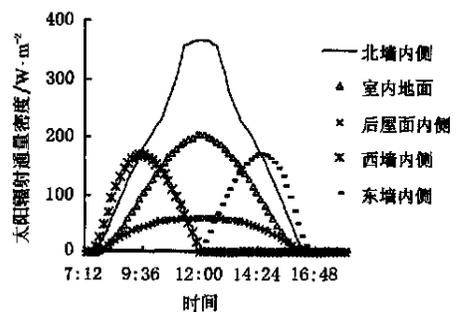


图3 到达日光温室各个面的太阳直接辐射通量密度
Fig.3 Total solar radiation intercepted by each surface inside the greenhouse

图 3 是利用公式 (1)~ (8) 和文献 [9] 对室内各个面太阳直接辐射的计算公式, 在考虑山墙在各个面产生的阴影情况下, 对 2001 年 12 月 21 日 (晴天) 供试日光温室室内各个面接受的太阳直接辐射通量密度的计算结果。从图 3 可以看出: 到达山墙内侧的太阳直接辐射的

变化趋势与北墙、地面、后屋面不同, 西墙内侧是在午前, 东墙内侧在午后接受太阳直接辐射, 呈正弦曲线变化, 但周期只有地面、北墙、后屋面的一半, 从 9: 00~15: 00 太阳辐射通量密度远小于北墙, 但从日出到 9: 00 和 15: 00 到日落却比其他各个面大。

表 1 是 12 月 21 日考虑山墙在各个面产生阴影而其他结构参数不变时, 改变温室长度, 对供试日光温室各个面上太阳直接辐射总量的计算。结果表明: 供试日光温室长度为 26m, 如果忽略山墙的太阳直接辐射得热, 全天会减少 7. 8% 的日总辐射。

表 1 不同温室长度室内各个面上太阳直接辐射日总量百分比

Table 1 Relationship between the length and daily direct solar radiation percentage on different surfaces %

长度/m	北墙	后屋面	地面	山墙
18	27. 3	9. 7	52. 0	11. 0
21	28. 1	9. 9	52. 3	9. 7
26	29. 2	10. 2	52. 8	7. 8
30	29. 8	10. 3	53. 1	6. 8
40	30. 9	10. 6	53. 6	4. 9
50	31. 5	10. 7	53. 9	3. 9

由表 1 可以看出: 随着温室长度的递减, 由于地面、北墙、后屋面的面积减小, 而东西墙面不变, 因此, 山墙得热的百分比递增。如当温室长度减少到 18m, 山墙的太阳直接辐射日总量占 11. 0%。

同样, 表 2 是在温室其他参数不变的条件下, 改变温室的跨度, 各个面太阳直接辐射日总量百分比的计算结果。从表 2 可以看出: 随着温室跨度的增加, 山墙的太阳直接辐射日总量百分比增加。

表 2 不同跨度温室各个面上太阳直接辐射百分比 (温室长 26m, 脊高为 3. 3m)

Table 2 Relationship between the width and daily direct solar radiation percentage on different surfaces %

跨度/m	北墙	后屋面	地面	山墙
6. 0	29. 2	10. 2	52. 8	7. 8
6. 5	29. 0	10. 1	52. 6	8. 3
7. 0	28. 8	10. 1	52. 4	8. 7
7. 5	28. 6	10. 0	52. 3	9. 2
8. 0	28. 4	10. 0	52. 1	9. 5
8. 5	28. 1	10. 0	51. 9	9. 8

3. 2 山墙在室内各个面产生的阴影对太阳辐射得热的影响

图 4 是 2001 年 12 月 21 日(全晴)山墙在供试日光温室地面、北墙、后屋面的阴影率计算结果。从图 4 可以看出, 各个面阴影率随太阳高度角增加而减少。当温室方位角为 0 时, 东墙上午在日光温室室内阴影率与西墙下午在室内产生的阴影率大小相等, 早晚阴影面积大, 越近中午越小。

从公式(15)可知, 温室长度越小, 阴影率越大; 温室越长, 阴影率就越小, 因此, 当温室长度无限长时, 山墙阴影对温室室内直接辐射得热的影响可以忽略不计。

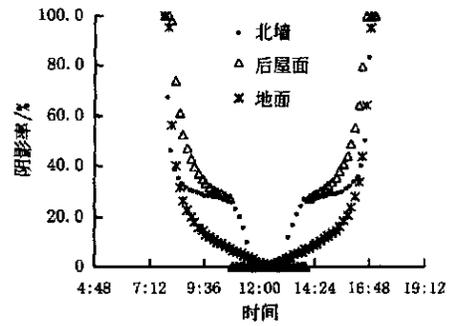


图 4 山墙在室内各个面的阴影率

Fig 4 Shade percentage on each surface inside the sunlight greenhouse

如果忽略山墙在各个面的阴影, 则使各个面的太阳辐射计算值比实际值偏高。表 3 是 12 月 21 日对日光温室不考虑山墙在各个面产生的阴影时高估的太阳直接辐射与考虑东西墙在各个面产生阴影的太阳直接辐射百分比的计算结果。对供试日光温室, 如果忽略东西墙产生的阴影, 在地面、后屋面、北墙上的太阳辐射日总量将分别比实际值偏高 6. 9%, 16. 0%, 17. 0%。

表 3 各个面高估的太阳直接辐射百分比

Table 3 Overrated direct solar radiation percentage if neglecting shade on each surface inside the sunlight greenhouse %

长/m	宽/m	北墙	后屋面	地面
18. 0	6. 0	26. 5	24. 7	10. 0
21. 0	6. 0	21. 9	20. 5	8. 3
26. 0	6. 0	17. 0	16. 0	6. 9
30. 0	6. 0	14. 4	13. 6	6. 2
40. 0	6. 0	10. 4	9. 8	4. 2
50. 0	6. 0	8. 1	7. 7	3. 3
30. 0	6. 5	14. 7	13. 5	5. 8
30. 0	7. 0	14. 8	13. 4	5. 9
30. 0	7. 5	14. 9	13. 4	6. 0
30. 0	8. 0	15. 0	13. 3	6. 1

从表 3 可以看出: 温室长度为 18m 时, 地面、后屋面、北墙、高估的太阳直接辐射可以达到 10. 0%, 24. 7%, 26. 5%。高估的太阳直接辐射百分率随着温室长度的减少而增大。随着温室跨度的增加, 高估的百分率也会增加。

因此, 对较短的温室, 分析各个面太阳辐射得热时, 如果忽略山墙的阴影, 则会在分析室内各个面的得热时带来较大的误差。

3. 3 山墙的热流量分析

图 5、图 6 为 2001 年 12 月 6 日 0: 00 到 12 月 9 日 11: 50(12 月 6 日全天云量为 0, 12 月 7 日全天云量为 10, 12 月 8 日和 12 月 9 日云量不定, 或晴或阴) 通过热流量板观测得到的山墙体热流量值。当热流量为正时是墙体的蓄热过程, 热流量为负时是墙体的放热过程。由图可见: 日间内外墙体以蓄热为主, 夜间以放热为主, 内侧向室内放热, 外侧向室外放热。表 4 是山墙内外侧每

日的蓄热放热累计值。

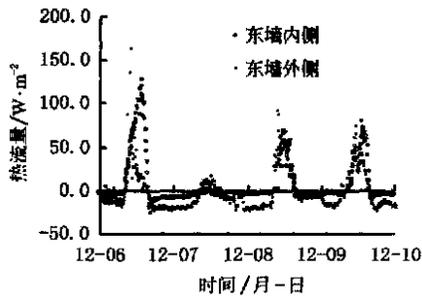


图 5 东墙内外侧热流量变化

Fig 5 Diurnal course of heat flux between inside and outside the east wall

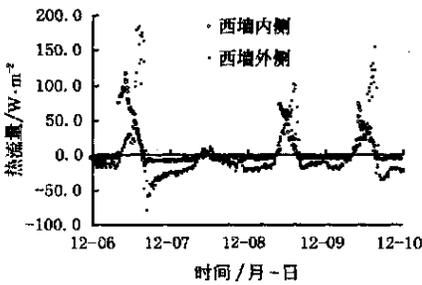


图 6 西墙内外侧热流量变化

Fig 6 Diurnal course of heat flux between inside and outside of the west wall

表 4 山墙内外侧全天蓄热放热总量

Table 4 Daily summation heat flux between inside and outside of the east and the west wall $600 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$

月-日	12- 06		12- 07		12- 08		12- 09	
	蓄热	放热	蓄热	放热	蓄热	放热	蓄热	放热
东墙内侧	2983.0	1507.0	0		1245.5	439.5	1484.2	583.1
东墙外侧	1219.6	1858.1	241.9	1539.9	1721.6	978.4	1298.3	1564.9
西墙内侧	2689.5	1492.3	0		1159.5	458.7	1123.6	578.2
西墙外侧	2963.1	2816.4	123.0	1591.7	1816.2	1615.5	2298.4	2157.5

注：由于 12 月 7 日(全阴天)白天室内墙体没有蓄热过程，全天都为放热过程，从 12 月 6 日 16:00 到 12 月 8 日 9:50 均为放热过程，无法分开日期，总量记在 12 月 6 日放热量中。

从图 5、图 6 和表 4 可以看出，热流量的变化趋势与室外太阳辐射一致，天气越晴朗，墙体蓄热量越大，全阴天室内山墙内侧几乎没有蓄热量，外侧有蓄热过程，但时间短，强度小，这也是阴雨雪天全室内气温较低的原因。

晴天墙体内侧蓄热量大于放热量，外侧的放热量一般大于蓄热量，阴天内外侧放热量远大于蓄热量。蓄热强度、持续时间与当天的天气状况有关，放热强度、持续时间与当日及次日的天气状况有关，如 12 月 8 日的东墙外侧放热量较少，与次日的晴天较早接受到直接辐射有关。受室外气温和风的影响，外侧的放热量大于内侧，西墙外侧的放热量大于东墙外侧与北京地区冬季的西北风和较晚接受到太阳直接辐射有关。

东墙外侧午前蓄热能力强于午后，西墙外侧相反，

与室外太阳直接辐射有关。西墙内侧由于揭幕后可以直直接得到太阳直接辐射，揭幕前后蓄热量变化大，天气越晴朗，变化越大。表 5 计算了从 2001 年 12 月 5 日 8:00 到 2002 年 3 月 22 日室内各个面的热流量百分比，对于后屋面内侧，由于没有热量蓄积，而未计算。从表 5 可以看出，随着日光温室长度的递减，山墙体蓄热和放热量增加，当温室长度为 20.0 m 时，蓄热量能达到总量的 22.6%，放热量 10.8%，而长度为 50.0 m 时，蓄热量仅占 12.7%，放热量 4.7%。对于山墙蓄热量百分比远大于放热量百分比的原因是相对于地面而言，墙体与室外还有对流换热损失的热量。

表 5 不同长度温室室内各个面热流量百分比

Table 5 Relationship between the length and heat flux percentage %

温室长度 /m	flux percentage %					
	北墙		山墙		地面	
	蓄热	放热	蓄热	放热	蓄热	放热
20.0	35.1	12.9	22.6	10.8	42.4	76.2
26.0	37.0	13.2	10.8	8.6	44.7	78.2
30.0	37.9	13.4	18.3	7.5	45.8	79.1
40.0	39.5	13.6	16.2	5.8	47.7	80.6
50.0	40.6	13.8	12.7	4.7	42.3	81.5

3.4 温室方位角对温室山墙太阳直接辐射的影响

由于山墙内外侧接受的太阳辐射对温室的贡献不同，外墙白天蓄热，夜间向室外放热，同时蓄积热量也传向室内，内墙白天蓄热，夜间向室内放热，蓄积的热量也传向室外，因此，对于墙内外侧的太阳辐射通量密度与内外直接辐射的转换时间对墙体的得热分析也是必不可少的。以 2001 年 12 月 21 日为例，图 7(图中 -5° 、 5° 指日光温室的方位角 α)可以看出，太阳直接辐射

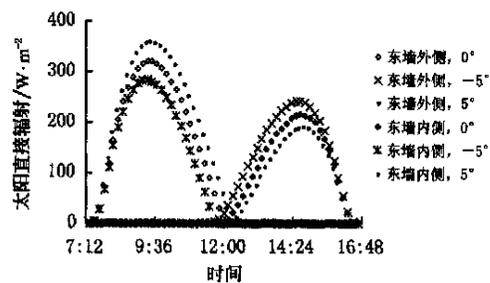


图 7 温室方位角与东墙内外侧的太阳直接辐射

Fig 7 Greenhouse azimuth angle and the direct solar radiation intercepted by the west wall surfaces

由东墙的外侧转为内侧的转折点时间与温室的方位角有关。当日光温室方位角 $\alpha = 0$ 的转折时间点为正午 12 时； $\alpha < 0$ 转折时间点提前； $\alpha > 0$ 转折时间点延后。根据计算，温室方位角每变化 1° 则转折时间点提前或延后 4 min，在实际生产中，日光温室方位角通常选用 5° ，因此转折时间提前或延后 20 min，因此，可以根据作物的需要，选择方位角偏东或偏西。

对于日光温室的东墙，外侧接受太阳辐射的起始时间与温室方位角没有关系，终止时间与温室方位角有

关;东墙内侧接受太阳直接辐射的起始时间与温室方位角有关,终止时间与温室方位角无关。对于西墙,内侧接受太阳直接辐射的起始时间与温室方位角没有关系,而终止时间与温室的方位角有关;外侧接受太阳直接辐射的起始时间与温室方位角有关,终止时间与温室方位角无关。

太阳直接辐射通量密度与温室方位角也有关系,对于东墙外侧,方位角 $\alpha > 0$ 时辐照度大, $\alpha < 0$ 时辐射强度小, $\alpha = 0$ 时辐射强度居中。西墙内侧的太阳直接辐射通量密度的趋势同于东墙外侧。对于东墙内侧,辐照度 $\alpha < 0$ 时大, $\alpha > 0$ 时小, $\alpha = 0$ 时居中,西墙外侧的太阳直接辐射强度的趋势同于东墙内侧。

从以上分析可知,温室方位角的不同,会影响温室墙体的得热,也会影响室内的得热。

4 结 论

1) 山墙的直接辐射日变化不同于室内其他面,从日出到 9:00 和 15:00 到日落的太阳直接辐射通量密度比其他各个面大。

2) 对于长度较短的日光温室,如本文供试温室长度为 26 m 时,山墙体内侧接受的太阳直接辐射日总量占全天室内的 9.7%,因此,在分析室内得热时,不能忽略山墙的蓄热放热作用。

3) 对于长度较短的日光温室,必须考虑山墙产生的阴影率对各个面太阳辐射得热的影响,为了减少温室阴影率的影响,温室长度不宜低于 30 m。

4) 温室跨度的增加也会加大山墙在室内各个面产生的阴影率。

[参 考 文 献]

- [1] 李远哲. 日光温室微气候的模拟与实验研究[J]. 农业工程学报, 1994, 10(1): 130- 136
- [2] 郭慧卿, 李振海, 张振武, 等. 日光温室温度环境动态模拟 I 数学模型的建立与程序验证[J]. 沈阳农业大学学报, 1994, 25(4): 438- 443
- [3] 陈青云, 汪致富. 节能型日光温室热环境的动态模拟[J]. 中国农业大学学报, 1996, 1(1): 67- 72
- [4] 酆 伟, 董仁杰, 汤楚宙, 等. 日光温室的热环境理论模型[J]. 农业工程学报, 1997, 13(2): 160- 163
- [5] 陈青云, 吴毅明. 计算机在建筑环境分析中的应用[M]. 北京大学出版社, 1994, 8
- [6] 宋俊果. 日光温室热环境分析指标与建筑参数的研究[D]. 中国农业大学, 1997.
- [7] 陈青云. 单屋面温室光照环境的数值实验[J]. 农业工程学报, 1993, 9(3): 96- 101.
- [8] 畔柳武司. 省エネルギー型日光温室の热环境形成机理の解析(硕士论文)[D]. 日本筑波大学, 2000
- [9] 陈青云, 吴毅明. 计算机在建筑环境分析中的应用[M]. 北京大学出版社, 1994, 8: 77- 79
- [10] Li Xiaofang, Chen Qingyun. Effect of the east and west wall of sunlight greenhouse on direct radiation heat gain (A). 2003 国际农业生物环境与能源工程论坛论文集[C]. 中国农业科学技术出版社, 2003, 11: 220- 225

Effect of gable wall on the heat gain from direct solar radiation in sunlight greenhouse

Li Xiaofang, Chen Qingyun

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract The direct solar radiation intercepted by each surface inside the sunlight greenhouse was computed. The result shows that the diurnal course of direct solar radiation intercepted by east and west wall was different from that of the others. For shorter sunlight greenhouse, if neglecting effect of east and west wall, it will decrease the heat gain in greenhouse on the east and west wall. At the same time, it will neglect the shade areas produced by the east and west wall, and overrate the solar radiation on the other surfaces inside the greenhouse. With the length of greenhouse decreasing, the overrated value will increase. It will lead to error when the thermal environment of greenhouse was analyzed. The heat flux of each surface was measured. The course of heat accumulation and heat release of the east and west wall and its change with the length of greenhouse were analyzed. Therefore, for shorter sunlight greenhouse, the effects of the east and west wall on the heat gain of greenhouse must be considered. It can be referenced for the decision of the length of sunlight greenhouse and the layout of the crop.

Key words: direct solar radiation; sunlight greenhouse; estimation of heat gain in greenhouse; sun azimuth; gable wall