

温室方位角对日光温室光环境影响的模拟研究

杨文雄^{1,2,3}, 马承伟^{2,3}

(1. 北京农业职业学院, 北京 102206; 2. 中国农业大学, 水利与土木工程学院, 北京 100083;

3. 农业部设施农业生物环境工程重点开放实验室, 北京 100083)

摘要:以中国农业大学的日光温室光辐射环境模型为基础,从温室的前屋面平均透光率、温室各表面指定时间段的平均辐射照度、单位温室长度内各表面累计的光辐射能量、单位温室长度内的累计光辐射总能量和直散光比例等5个方面评价了温室方位角对日光温室室内光照环境的影响。结果表明:在以正午时刻为对称的时间段内,随着温室方位角的变化,温室光环境的各项评价指标变化均不大。在正南方向,日光温室累计进光量最大,但只比最小值大0.45 MJ。所以应根据当地实际生产情况调整日光温室方位角,若温室方位角南偏东,则应当早揭帘;若温室方位角南偏西,则应当晚揭帘。

关键词:温室方位角;日光温室;光环境;评价

中图分类号:S 626 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)19-0052-03

温室方位角对日光温室内的光照环境有一定的影响。宋希强等^[1]以采光量为指标确定了北京地区日光温室的建筑朝向应以南偏西15°~20°为宜。白义奎等^[2]以沈阳地区为例,计算得到温室方位,在南偏西5°~6°时,进光量最大,与正南向温室进光量相比,增加约0.3%。张利华等^[3]对日光温室方位角进行了研究,认为秋延迟种植模式日光温室方位角宜西偏7°~9°,越冬种植模式宜西偏6°~8°,春提早种植模式宜西偏8°~10°,方位角西偏角度随着纬度增加而减少。宋明军等^[4]对甘肃省节能日光温室采光设计进行分析与探讨,得出甘肃地区日光温室方位角可取0°~8°,最大不超过10°的结论。刘仍臣^[5]对晋北地区日光温室进行采光设计,认为该地区温室的方位应该选择朝南偏西5°为宜。林川渝^[6]通过测试不同方位模拟温室的日透光率、总透光率及光照强度日累计值分布情况,研究提出了建造日光温室的适宜方位范围为真子午169°24'~172°24'。

该研究以中国农业大学农业部重点实验室构建的日光温室光辐射环境模型为基础^[7],从温室的前屋面平均透光率、温室各表面指定时间段的平均辐射照度、单

位温室长度内各表面累计的光辐射能量、单位温室长度内的累计光辐射总能量和直散光比例等5个方面研究和评价温室方位角对日光温室室内光照环境的影响,较以往研究更为全面和系统。

1 材料与方法

1.1 模拟温室的条件设定

模拟温室的具体条件设定为温室位置:北京地区,北纬40°,东经116°;温室屋面形状为双圆组合屋面曲线;温室跨度8 m,屋脊高度3.94 m;覆盖材料为聚氯乙烯膜(PVC),干洁新材料的透光率为85%,结构材料遮光导致的光照损失率为10%,覆盖材料老化程度导致的光照损失率为8%,覆盖材料的雾度(透明覆盖材料对直射光的散射作用)为10%。模拟时间为2015年12月22日09:00—15:00。

1.2 温室方位角

设定温室方位角变化共5种情况,分别为南偏东10°、南偏东5°、正南方向、南偏西5°和南偏西10°,分别记为:East 10°、East 5°、0°、West 5°和 West 10°。

1.3 评价指标

日光温室的光环境有5个评价指标,1)前屋面的平均透光率 $\bar{\tau}(\%)$, $\bar{\tau}=(\bar{\tau}_z+\tau_s)/2$, $\bar{\tau}_z$:直射光的平均透光率; τ_s :散射光的平均透光率。2)温室各表面指定时间段的平均

辐射照度 $\bar{I}(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$, $\bar{I}=\frac{1}{n_t} \sum_{k=1}^{n_t} \bar{I}_k=\frac{1}{n_t n_s} \sum_{k=1}^{n_t} \sum_{j=1}^{n_s} \bar{I}_{jk}$,

第一作者简介:杨文雄(1978-),男,湖北天门人,博士,讲师,研究方向为农业生物环境与能源工程。E-mail:24518518@qq.com.

基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划课题资助项目(2013AA102407);北京农业职业学院院级科研资助项目(XY-YF-14-43)。

收稿日期:2016-04-20

n_t : 时间分段的数量,按等分的原则划分时间; n_s :各表面计算分段的数量,按等分的原则划分表面; \bar{I}_{jk} : k 时刻各表面中计算点 j 的光辐射照度; \bar{I}_k :在指定时刻 k ,地面与墙面整个表面范围内的平均光辐射照度。3)单位温室长度内各表面累计的光辐射能量 E (MJ), $E = \sum_{j=1}^{n_s} \psi_j \Delta l_j$, ψ_j :各点 j 在指定时段内的累积光辐射能量密度; Δl_j :在温室横截面内,各计算点 j 所代表的表面分段的宽度。4)单位温室长度内的累计光辐射总能量 $E_{\text{总}}$ (MJ), $E_{\text{总}} = E_{\text{地}} + E_{\text{墙}} + E_{\text{后}}$, $E_{\text{地}}$:单位温室长度内地面积累计的光辐射能量; $E_{\text{墙}}$:单位温室长度内墙面累计的光辐射能量; $E_{\text{后}}$:单位温室长度内后屋面累计的光辐射能量。5)直散光比例 $K(\%)$, $K = k_z : k_s$, k_z :直射光比例; k_s :散射光比例。对于温室作物而言,日光温室内的散射光比例越大越好。

2 结果与分析

2.1 前屋面平均透光率对光照环境的影响

从图1可以看出,温室方位角的变化对温室的总平均透光率影响不大,温室方位为南偏东 5° 、正南方向和南偏西 5° 时,温室总平均透光率均为62.20%,而南偏东 10° 和南偏西 10° 时,温室总平均透光率均为62.10%,其绝对值仅相差0.10个百分点,这说明只要温室经纬度确定,温室方位虽在一定范围内变化,但温室的总平均透光率基本保持不变。

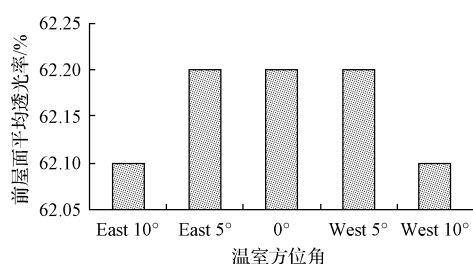


图1 前屋面平均透光率随温室方位角的变化

2.2 温室各表面指定时间段的平均辐射照度对光照环境的影响

从图2可以看出,在同一温室方位角下,温室墙面的平均辐射照度最大,地面其次,后屋面最小。不同的温室方位角,温室各表面在指定时间段的平均辐射照度变化不大,在正南方向,温室地面、墙面和后屋面的平均辐射照度均取得最大值,比其最小值分别大0.1、4.8、2.5 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$,分别增加了0.07%、1.58%和5.10%。这说明温室方位角在一定范围内变化时,温室各表面在指定(正午时刻)对称的时间段内平均辐射照度变化极小。

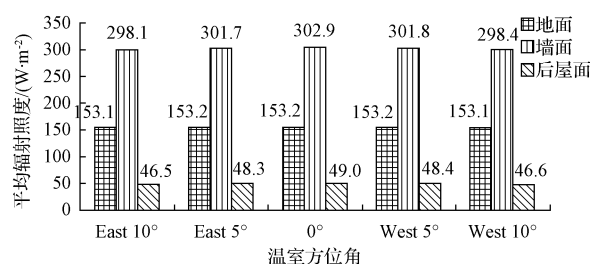


图2 温室各表面指定时间段的平均辐射照度随温室方位角的变化

2.3 单位温室长度内各表面累计的光辐射能量对光照环境的影响

从图3可以看出,在同一温室方位角下,温室地面的累计光辐射能量最大,墙面其次,后屋面最小。不同的温室方位角,温室各表面在指定时间段的累计光辐射能量变化也不大,在正南方向,温室地面、墙面和后屋面的累计光辐射能量均取得最大值,比其最小值分别大0.01、0.34、0.09 MJ,分别增加了0.04%、1.59%和5.73%。这说明温室方位角在一定范围内变化时,温室各表面在指定(正午时刻)对称的时间段内累计光辐射能量变化极小。但在实际的生产中,温室内作物接收太阳辐射的时间段并不是以正午时刻为对称点的,因此,温室内的进光量与何时揭帘及温室方位角密切相关。若日光温室方位角在正南偏东方向,为了保证温室内充足的进光量,日光温室需要早揭帘,如从09:00揭帘调整到08:00揭帘;反之,若日光温室方位角在正南偏西方向,日光温室需要晚揭帘,如从09:00揭帘调整到10:00揭帘。

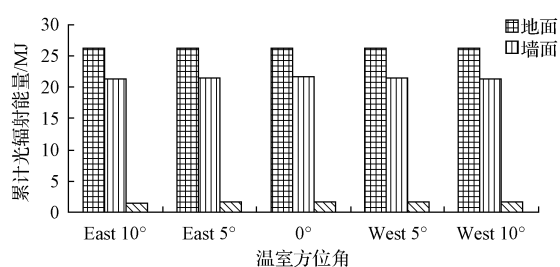


图3 单位温室长度内各表面累计的光辐射能量随温室方位角的变化

2.4 单位温室长度内的累计光辐射总能量对光照环境的影响

从图4可以看出,温室各表面在指定的对称(以正午时刻为对称点)时间段内累计光辐射能量变化不大,在正南方向,日光温室累计光辐射总能量最大,但只比最小值大0.45 MJ。

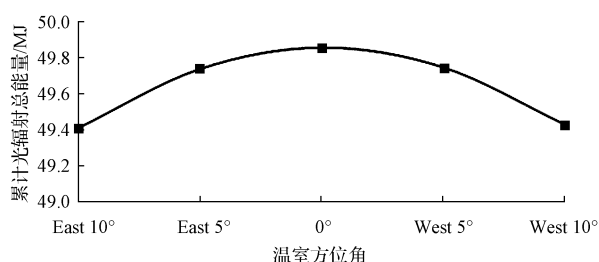


图4 单位温室长度内的累计光辐射
总能量随温室方位角的变化

2.5 直散光比例对光照环境的影响

从表1可以看出,不同方位角,温室的直射比只有微小差别,在正南方向略大。直射光比例大,不利于温室内光的均匀性,因此,结合上述评价因素,考虑温室方位角的情况,适当偏东或西一定角度利于生产。

表1 不同温室方位角的直散比

温室方位角	East 10°	East 5°	0°	West 5°	West 10°
直散比	74.5/25.5	74.6/25.4	74.7/25.3	74.6/25.4	74.5/25.5
比值	2.92 : 1	2.94 : 1	2.95 : 1	2.94 : 1	2.92 : 1

3 结论

该试验模拟研究了不同日光温室方位角(南偏东10°、南偏东5°、正南方向、南偏西5°和南偏西10°)对日光温室光环境的影响。试验结果表明,在以正午时刻为对

称的时间段内,温室光环境的各项评价指标变化均不大,在正南方向,日光温室累计进光量最大,但只比最小值大0.45 MJ。实际生产中,由于受到日光温室揭帘时间的影响,温室内接受太阳辐射的时间段并不是以正午时间为对称点的,这样就造成了上下午温室接受太阳辐射总量的不对称性。因此,揭帘时间要根据温室方位角作一定调整,以保证温室内最大限度的接收太阳辐射。若温室方位角南偏东,则应当早揭帘;若温室方位角南偏西,则应当晚揭帘。

参考文献

- [1] 宋希强,彭春生,黄士昆,等. 新型节能日光温室光环境动态模拟及其数值实验[J]. 海南师范学院学报,2001,14(2):48-50.
- [2] 白义奎,刘文合,王铁良,等. 日光温室朝向对进光量的影响分析[J]. 农业机械学报,2005,36(2):73-84.
- [3] 张利华,刘杰,张仁祖,等. 日光温室方位角的研究[J]. 江西农业学报,2010,22(5):85-89.
- [4] 宋明军,郭晓冬. 甘肃省节能日光温室采光设计的分析与探讨[J]. 北方园艺,2005(5):14-15.
- [5] 刘仍臣. 晋北地区日光温室采光的设计[J]. 当代农机,2014(4):77-79.
- [6] 林川渝. 日光温室方位角试验研究[J]. 华北农学报,1997,13(1):129-132.
- [7] 马承伟,赵淑梅,程杰宇,等. 日光温室光辐射环境模型构建[J]. 沈阳农业大学学报,2013,44(5):513-517.

Simulation Study on the Effect of Greenhouse Azimuth on Light Environment of Sunlight Greenhouse

YANG Wenxiong^{1,2,3}, MA Chengwei^{2,3}

(1. Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102206; 2. College of Irrigation and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083; 3. China Key Lab of Bioenvironmental Engineering, Ministry of Agriculture, Beijing 100083)

Abstract: The effects of greenhouse azimuth on the indoor illumination of greenhouse were evaluated from five aspects (the average transmittance of the front roof, the average radiation intensity of the greenhouse, the cumulative radiation energy per unit length, total light radiation energy in the length of greenhouse and the percentage of direct light). The results showed that at the moment of the high noon as the axis of symmetry, with the change of the greenhouse azimuth, the change of the evaluation index of the greenhouse light environment was not obvious. In the south, the total amount of light in the solar greenhouse was the largest, but only 0.45 MJ larger than the minimum. In the actual production, taking into account the influence of the curtain time of the solar greenhouse, the greenhouse azimuth angle should be adjusted, if greenhouse azimuth was appropriate to south east, the curtain should be opened earlier, if greenhouse azimuth was appropriate to south west, the curtain should be opened later.

Keywords: greenhouse azimuth; sunlight greenhouse; light environment; evaluation