

文章编号: 1674-7054(2016)01-0099-05

基于 Ecotect 的温室环境参数的模拟分析

方赞山, 王星, 黄泉, 庞真真

(海南大学 园艺园林学院, 海口 570228)

摘要: 应用 Ecotect 软件对温室内的光照分布和温度等环境参数进行模拟, 并将模拟数据与实测数据进行对比分析, 探讨软件用于温室设计中的可行性。结果表明: 实测数据与模拟数据差异不显著, 该软件可作为温室设计优化的辅助性工具。

关键词: Ecotect; 温室; 模拟

中图分类号: S 214.3

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2016.01.017

温室作为一个半封闭体系, 其内部环境是影响作物生长发育最直接的因素, 因此, 了解与掌握温室内部环境参数十分必要。随着计算机软件应用技术的发展, 温室的计算机辅助设计也得到了普及, 目前, 温室模型常用 CAD、3D MAX、Sketchup 等软件进行构建, 并通过软件对温室内部环境参数进行分析和优化设计方案。Ecotect 是一个分析类辅助设计软件, 现已广泛应用于建筑设计领域, 具有可视化强、易于操作、效率高、经济方便等优点^[1]。软件可以迅速建立所需的模型, 并能根据实际经纬度、海拔高度、时区, 以及该地区的气象条件和建筑材料等相关参数进行综合分析^[2-3]。咎锦羽等^[1]采用 Ecotect 软件对光伏温室大棚的温度进行模拟, 研究相同数量电池片不同排布方式的温室大棚棚内温度变化, 结果表明, 在相同数量电池组件的排布下, 温室大棚的棚内温度和棚内外温度差较大。杨立新等^[4]利用 Ecotect 在植物景观场景分析方面的方法、手段加以推敲和整理, 使 Ecotect 在园林植物景观场景中的太阳辐射分析得以应用。李文^[5]利用 Ecotect 模拟软件, 通过建立模型模拟的方式将有限的地理位置信息转化为相应的图像或数据, 令模糊的判断转变为精准的科学图像数据, 为园林设计提供数据支持, 达到场地信息量化的效果, 使方案更准确、合理。然而, Ecotect 在设施园艺方面的应用较少, 因此, 笔者通过对圆拱型温室的温度、光照等因素进行模拟, 并与实测的数据进行对比, 探索 Ecotect 在温室设计中的可行性。

1 材料与方法

1.1 试验温室 选取海南大学农科实践基地的圆拱形薄膜温室作为研究对象。温室为南北走向, 跨度 8.0 m ($n=4$), 开间为 4.0 m ($n=8$), 侧墙肩高 2.8 m, 脊高 4.8 m, 遮阳网高 5.3 m。温室主体结构材料为镀锌钢管, 覆盖材料为 0.15 mm 厚的聚乙烯抗老化薄膜, 采用黑色遮阳网作为外遮阳系统, 四周设 2 m 宽手动卷膜侧开窗, 开窗部位安装有 40 目防虫网, 温室每个屋顶肩部设置了 2 m 宽的手动卷膜顶开窗。

利用 Ecotect 软件, 将导出的三维场地模型与海口市历年的气象资料结合, 计算分析出热工、光照和阴影遮挡关系等。对比实际测量环境参数和 Ecotect 软件的模拟值, 对比数据的差异性, 探讨 Ecotect 软件在温室设计中的适用性及参数优化。

1.2 环境参数的测试 环境参数包括光照、温度、湿度、风速。其中, 采用 Kestrel 4000 手持气象仪 (NK Kestrel, 美国) 测试温度、湿度和风速, 采用 TES-1332A 照度计 (泰仕, 台湾) 测量光照度。水平方向布置 11

收稿日期: 2015-02-03

基金项目: 海南大学青年基金项目 (qnjj1214); 海南大学中西部计划学科建设项目 (ZXBHJH-XK008)

作者简介: 方赞山 (1990-), 男, 海南大学园艺园林学院 2013 级硕士研究生, E-mail: shan67886251@qq.com

通信作者: 庞真真 (1983-), 女, 讲师, 博士, 研究方向: 设施农业环境调控及模拟仿真, E-mail: pangzz@qq.com

个测点,其中室内均匀分布 9 个测点,室外 2 个测点(图 1),每个布点在垂直方面上按 500,1 000,1 500 mm 布置 3 层测点。热环境模拟测试时间为 7:00AM~18:00PM,数据采集间隔为 1 h,测试时间为 5 d (2012-09-24,2012-09-25,2013-03-19,2013-03-22,2013-03-25),每天 12 个数据,共 60 组数据。同理,模拟温差也有 60 个数据。光环境、阴影遮挡参数模拟以 2013-05-10 为例。

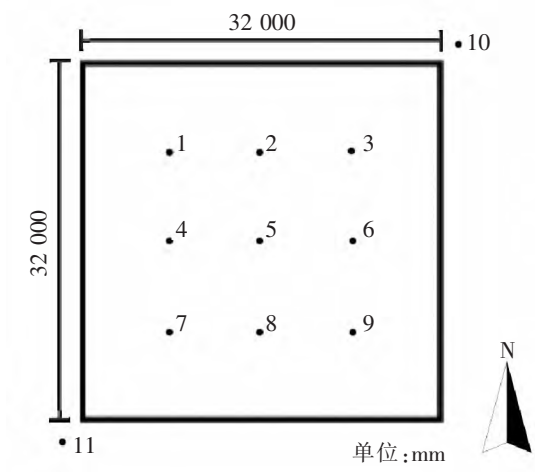


图 1 水平测量点位分布图
Fig.1 Schematic representation of the measuring layout

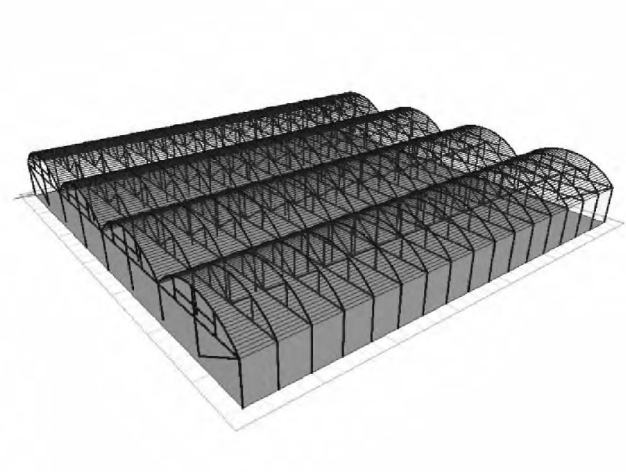


图 2 圆拱形连栋温室模型
Fig.2 The model of multi-span round-arched greenhouse

1.3 温室模型的构建

1.3.1 模型构建 利用 CAD 3D MAX 等软件构建圆拱型温室模型(图 2)。

1.3.2 边界条件 在温室设计中,边界条件的设置影响整体的模拟计算精度。实际材料与设定参数之间存在一定偏差,环境对这个偏差的影响可能更大^[6]。但是,过度追求精度会耗费计算资源并延长模拟时间,因此,材质的设置本着客观优化的原则即可,笔者采用的材质性能见表 1。

采用软件建立模型以及设置材质边界条件后,即可通过测试数据与模拟的光照、热工、阴影等环境参数进行比较,分析模拟的精度。

表 1 模型材质的物理性质
Tab.1 The physical properties of model material

构件 Aartifacts	材料 Materials	参数 Parameters
温室结构 The greenhouse structure	镀锌圆管 Galvanized pipe	半径 40 mm Radius 40 mm
覆盖材料 Cladding material	聚氯乙烯薄膜 Polyvinyl chloride (PVC) film	厚度 0.15 mm、透光率 87%、U 值 [*] 0.13 W·mK ⁻¹ 、准入系数 0.13 W·mK ⁻¹ 、比热容 1.250 J/(kg·℃) Thickness 0.15 mm, Light transmittance 87%, U value 0.13 W·mK ⁻¹ , Admittance 0.13 W·mK ⁻¹ , Specific heat capacity 1.250 J/(kg·℃)
温室地面 Greenhouse ground	天然土壤 Soil	U 值 3.50 W·mK ⁻¹ 、准入系数 4.71 W·mK ⁻¹ 、比热容 1.046 J/(kg·℃) U value 3.50 W·mK ⁻¹ , Admittance 4.71 W·mK ⁻¹ , Specific heat capacity 1.046 J/(kg·℃)

注: * 在材料参数内有 U 值和准入系数 2 个热特性参数,二者都是指物体的导热率,在模型中视为相等
Note: * Both the U value and Admittance are thermal characteristic parameters and indicated thermal conductivity of the materials. They are generally regarded as equal in all the cases during simulation

2 结果与分析

2.1 热环境参数模拟分析 本实验共实测温差 5 d 共 60 个数据, 模拟温差也有 60 个数据, 将室内外的实测温差与模拟温差一一对应比较, 分析比较结果表明, 实测与模拟温差整体波动规律基本一致(图 3)。为了更加精确地判定模拟数值和实测数值的相符程度, 采用 SPSS 软件将所得模拟室内外温差与实测室内外温差做 t 检验, 结果表明, 实测温差与模拟温差的差异不显著($P > 0.05$)。因此, Ecotect 软件可应用于温室设计的热工模拟领域, 并且模拟的结果有较高的可信度, 在实际测试中如能延长测试时间, 数据量较多, 模拟结果将更精确。

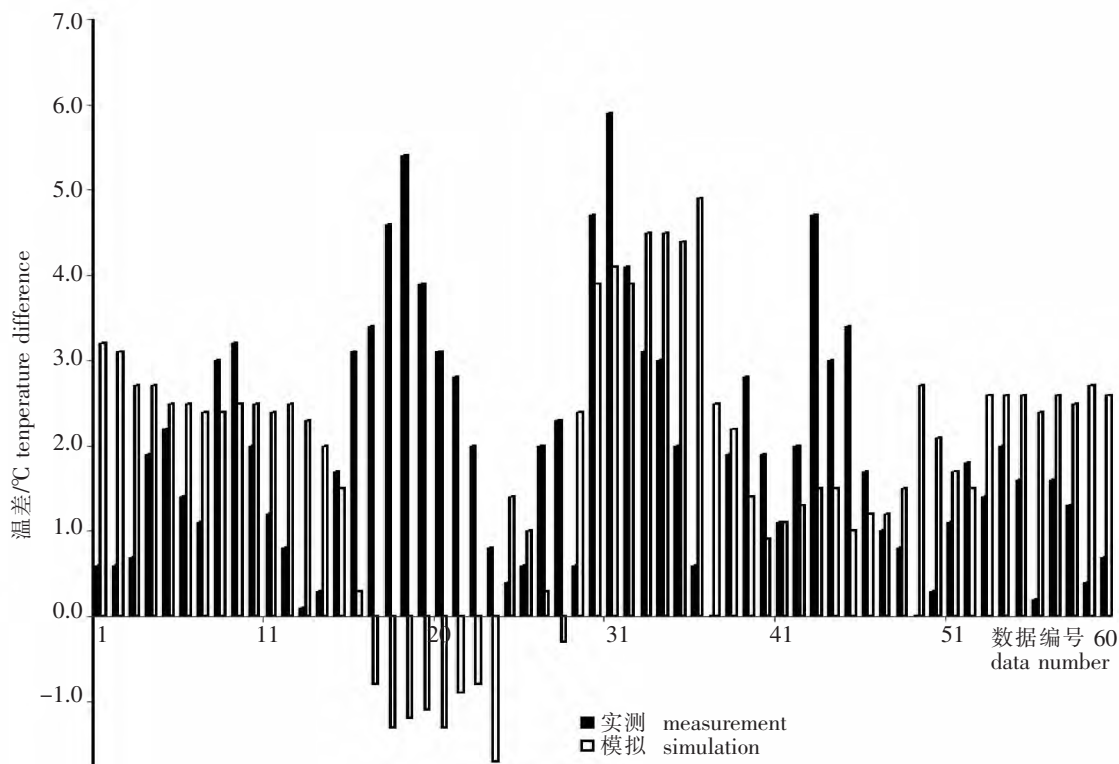


图3 实测温差与模拟温差比较

Fig.3 Comparison of the temperature difference between the experimental and simulation cases ($n = 60$)

2.2 光环境参数模拟分析 以 2013-05-10 为例, 由于 Ecotect 软件对光照的模拟计算是采用 85% 全阴天的计算方法, 加之实测天数少, 数据比较典型, 因此, 采用相对采光系数的方法进行数据比较。

$$\beta = H_1 / H_2 \times 100\%$$

式中 β : 相对采光系数; H_1 : 室内光合有效光量子密度 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); H_2 : 室外光合有效光量子密度 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

该圆拱形温室每一个时段的平均相对采光系数的现场实验结果如图 4 所示。如图 4 所示, 温室中白天的相对采光系数介于 52% ~ 69% 之间, 从上午 7:00 相对采光率开始上升, 中午 12:00 后开始下降, 14:00 达到最大值, 15:00 左右有所下降。之后又上升, 从 16:00 开始逐渐降低。与模拟的情况基本相符, 整体趋势是相对采光系数应从早上开始增加, 直至中午达到最大, 之后随着时间推移逐渐回落。针对圆拱形温室的相对采光系数模拟值如图 5 所示:

观察模拟值发现,温室的内部相对采光系数介于 63%~73% 之间,将模拟平均值与实测平均值通过 SPSS 软件进行 T 检验,对相对采光系数进行差异显著性分析,结果表明,相对采光系数差异不显著 ($P>0.05$)。

测量过程中发现实测数据与模拟数据存在部分偏差,其主要原因如下: (1) Ecotect 软件中的材质不能真实反映材质的情况,模拟的材质过于理想化; (2) 模拟所采用的气象资料是中国气象局气象信息中心的样本,跟实测数据仍有区域误差; (3) 基地正处在温室建造阶段,温室的结构对数据采集有一定的影响。

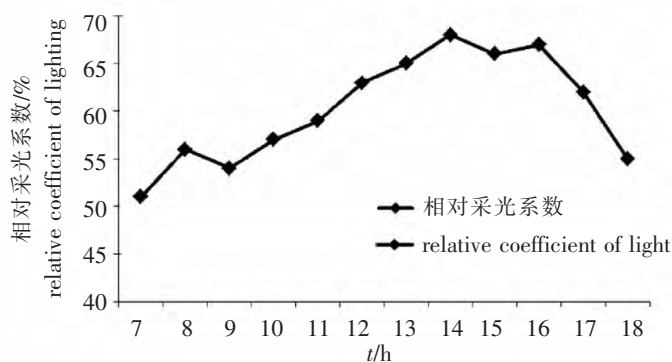


图 4 实际测试数据的相对采光系数

Fig.4 The relative coefficient of light in the experimental case

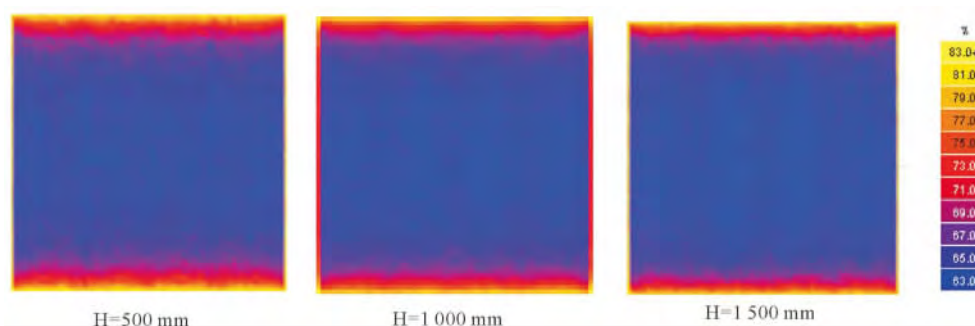


图 5 不同高度的相对采光系数

Fig. 5 The relative coefficient of light at different heights in the simulation case

2.3 温室地基阴影遮挡关系比较 以 2013-05-10 为例,验证阴影遮挡关系正确性。Ecotect 模拟的当天太阳位置关系如表 2。

表 2 不同时间太阳位置

Tab. 2 The position of the sun at different time

标准时间 Standard time	真太阳时 Apparent solar time	方位角/° Azimuth	高度角/° Solar altitude
07:00	06:24	78.0	10.6
07:30	06:54	80.3	17.5
08:00	07:24	82.4	24.5

依照软件中的数据,输入模型后得到遮挡效果(图 6~8):

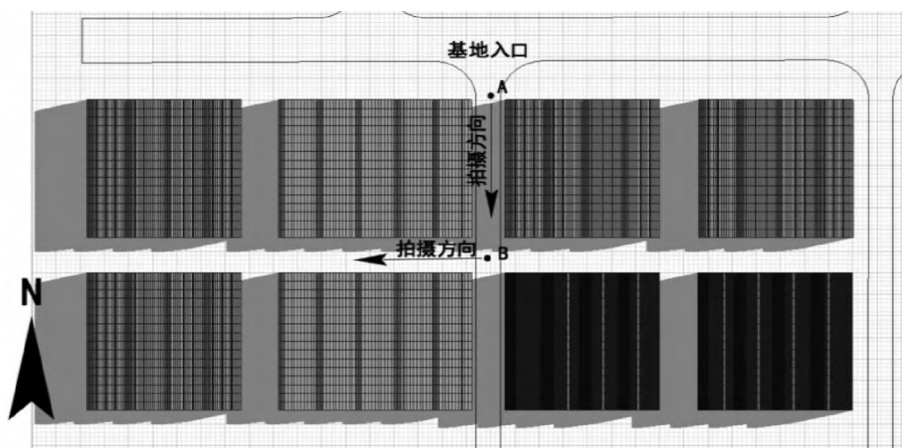


图 6 阴影遮挡关系模拟

Fig.6 Simulation of the shadow relationship in the greenhouse layout

图6中灰色的片区就是阴影遮挡的地区,为了验证遮挡关系的正确性,2013-05-10 07:13,在图6中选取2个拍摄点(A、B)进行拍照验证。结果显示,图7、8中标明的阴影边线和图6中模拟的阴影边线相符。可见 Ecotect 软件在阴影遮挡模拟方面能很好适应温室的设计。因此,在温室设计中,阴影遮挡的模拟有益于温室建造位置的安排和温室内灯光的自动化管理。



图7 A点阴影遮挡
Fig.7 The shadow of point A

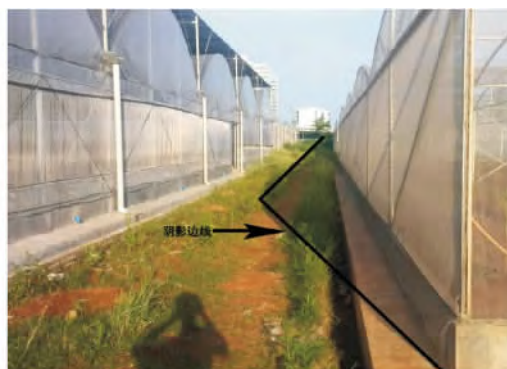


图8 B点阴影遮挡
Fig.8 The shadow of point B

3 结 论

模拟值与实测值对比的结果表明:(1)在材质设置科学合理的情况下, Ecotect 软件可以很好地模拟温室内外温度变化,并且可以通过改变材质的性质或是增加通风等方法来控制温室内温度的变化幅度。(2)在对材质的光学特性充分掌握的情况下, Ecotect 软件可以在满足一定设计精度的范围内模拟光照的变化。(3) Ecotect 软件可以较准确地模拟阴影遮挡关系的变化,在已知精确纬度的前提下,可以准确给出太阳方位角和高度角的关系,从而得出正确的阴影遮挡关系。

综上所述, Ecotect 软件在温室设计的材质选择、温差、光照等方面,模拟的数据具有一定的参考价值,而且使得温室设计的环境因素可视化,让设计师更加容易根据环境的变化,对设计方案做出调整。

参考文献:

- [1] 咎锦羽, 刘祖明, 廖华, 等. 光伏温室大棚温度的模拟研究[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2014, 34(2): 42-47.
- [2] 宋勇, 艾宴清, 梁波. 精通 ANSYS7.0 有限元分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [3] 严钧, 赵能, 梁智尧. Ecotect 在建筑方案设计中的应用研究[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(3): 140-144.
- [4] 杨立新, 杨永峰, 詹世明, 等. Ecotect Analysis 太阳辐射分析在园林植物场景中的应用[J]. 中国园艺文摘, 2012(3): 96-97.
- [5] 李文, 王真琦. 浅谈 Ecotect 软件在园林设计中的应用[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2011, 24(2): 16-17.
- [6] 欧长劲, 赵利珍. 基于模块化的温室设计[J]. 农机化研究, 2008(2): 181-182.

Simulation of Environmental Parameters of Greenhouse based on Ecotect

FANG Zanshan, WANG Xing, HUANG Quan, PANG Zhenzhen

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: The Ecotect software was applied to simulate the environmental parameters of greenhouse model, comparing the simulation result with the field experimental data on light, temperature and sunshade with shadow to explore the feasibility to adopt Ecotect software for greenhouse design. Results showed there is no significant difference between the experimental and the simulation cases. Hence, the Ecotect software could be an aided design tool for greenhouse optimization.

Keywords: Ecotect; greenhouse; simulation