

## NJ-6型连栋塑料温室冬季光温环境的试验研究

刘 杰 李保明 黄仕伟 孙吉南  
(中国农业大学水利与土木工程学院) (山东烟台市农业科学院)

**摘 要** 目前我国的大型连栋温室普遍存在着冬季保温透光性能差、能源消耗高等问题。中国农业大学设施农业工程技术研究中心在吸取具有中国特色的节能型日光温室高透光率和高采光蓄热性能等优点的基础上,研究设计并在山东烟台地区建造了高效节能型连栋塑料温室——NJ-6型连栋温室。对该温室冬季光温环境进行的实地试验测试与分析研究结果表明:该温室具有良好的透光保温性能,冬至日前后温室综合透光率仍接近 60%;在夜间不加热情况下,室内外温差达 10~ 14℃,节能效果显著。适合北方大部分地区推广应用。  
**关键词** 连栋温室; 透光率; 保温; 节能

中图分类号 S 625.1

## Study on Light and Thermal Environment of NJ-6 Type Multi-span Greenhouse in Winter

Liu Jie Li Baoming Huang Shiwei Sun Jinnan  
(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU) (Yantai Agricultural Science Academy)

**Abstract** The problems in multi-span greenhouse industry are that the light and thermal environment are bad and the energy consumed in greenhouse is pretty much in winter. The light and thermal environment of NJ-6 type greenhouse which based on absorbing the advantages of solar greenhouses was studied in Yantai Agricultural Science Academy, Shandong Province, improved that this greenhouse has good light and thermal preservation effect. NJ-6 type multi-span greenhouse is suitable to be used in most areas of North China.

**Key words** multi-span greenhouse; light and thermal Environment; energy saving

近几年来,我国温室建设发展迅速,截止到 1999 年底的数据表明<sup>[1]</sup>,我国大陆地区现代化大型温室面积约 580 hm<sup>2</sup>,其中引进温室面积 180 多 hm<sup>2</sup>,20 世纪 90 年代中期以来根据我国国情和气候特点自行设计建造的大型温室面积达 400 余 hm<sup>2</sup>。目前连栋温室的建设速度还在加快,许多项目正在立项。温室建设的发展将大大加快我国工厂化农业的发展。

我国气温年较差比同纬度国家高 10℃左右,冬季寒冷,夏季炎热。从国外引进的大型连栋温室并不完全适合我国的实际条件,且这种温室一次性投资大,运行成本高,投资在短期内难以回收<sup>[2]</sup>;因此很难在国内大面积推广。

一般大型连栋温室冬季生产能耗大,导致运行成本提高,经济效益差。据估计,在我国北纬 35 左右的地区,温室冬季加热耗能一般占年总成本的 30%~ 40%;北纬 40 左右的地区,约占

收稿日期: 2001-05-21

高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助

刘 杰,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)67 信箱, 100083

40%~ 50%; 北纬 43 及以上地区, 约占 60%~ 70%<sup>[1-3]</sup>。因此, 大型连栋温室的保温和节能性能将直接影响温室生产的经济效益。针对这种情况, 中国农业大学设施农业工程技术研究中心在吸取我国日光温室南坡采光面大、透光率高、蓄热性能好等优点的基础上, 研制开发了一种新型的连栋温室——NJ-6型连栋塑料温室, 于 1999-11 在山东省烟台市农科院投入使用。

笔者对这种新型连栋温室的透光和保温性能进行了试验测试和研究分析, 拟为该类温室的实际应用和进一步优化设计提供参考依据。

### 1 NJ-6型连栋塑料温室的基本结构

建在烟台农科院的NJ-6型温室总建筑面积约 7 100 m<sup>2</sup>, 其中温室区域南北长 96 m, 宽 69 m, 其立面和平面示意图分别见图 1 和 2。

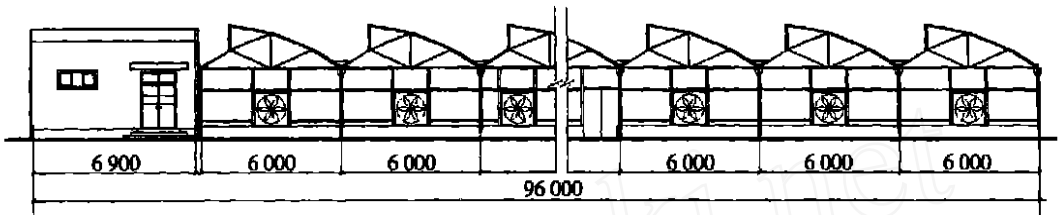


图 1 温室西立面结构示意图

为增强温室的透光和保温性能, 采取了以下措施:

- 1) 温室建筑结构形式借鉴国内日光温室的不等坡屋面形式, 采取东西走向, 加大温室南坡采光屋面的面积, 减少结构的遮光量, 使温室白天尽可能多的获取阳光蓄热增温;
- 2) 将日光温室高保温性能的外保温被应用于大型连栋温室, 保温被厚约 10 mm, 内部由无纺布针刺毡制成, 外表面是涤纶防雨绸;
- 3) 温室南坡屋顶覆盖双层充气膜以增强温室整体的保温性能, 北坡采用双层中空 PC 板, 东南西 3 侧墙采用美国 SPS 公司的 3 层中空 PC 板;
- 4) 温室北侧设操作间, 增加了温室在冬季的整体御寒和保温能力, 也便于温室的统一管理;
- 5) 以热水采暖作为温室辅助加温系统, 在冬季特殊寒冷时日对室内进行临时补温。

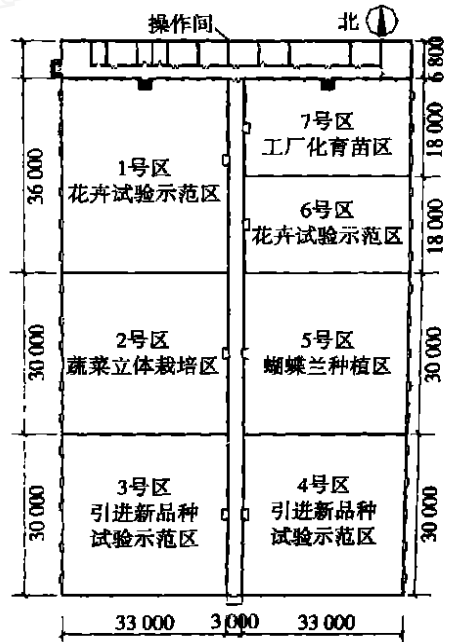


图 2 温室平面布置图

### 2 温室冬季环境的试验测试

试验自NJ-6型连栋温室 1999-12 建成运行开始, 将温室的 7 个不同生产区域编为 1~ 7 号试验区, 采用北京师范大学光学实验仪器厂的 ST-80C 照度计对室内光照度进行测试, 采用分布式计算机数据自动采集和控制系统对温室内外温湿度进行测试, 并对数据进行处理。

温度测试。在连栋温室北部1, 6, 7号试验区(南北方向6跨)覆盖保温被, 其余的2~ 5号试验区不设外保温被。通过对比在不加热情况下, 有无保温被覆盖的试验区内的温度, 对保温被的保温效果以及温室整体的保温性能进行分析研究。选取 2 号和 3 号试验区分别与 1 号区进行对比试验。由电脑自动检测控制系统记录全天各试验区内外温度的变化, 每 30min 记录一次; 分析数据, 对比 1999-12 至 2000 年初最冷日有无保温被覆盖情况下温室内外温度的变化。

光照测试。根据温室内生产情况, 选取有代表性的 4 号试验区沿温室跨度方向和屋脊方向交叉的最中间一跨进行光照测试。沿跨度方向均匀布置 11 个点(图 3)。2000-12-25, 从日出开始到日落为止每隔 1h 对这些点处的光照度进行测试, 并与当时室外的光照度进行对比。

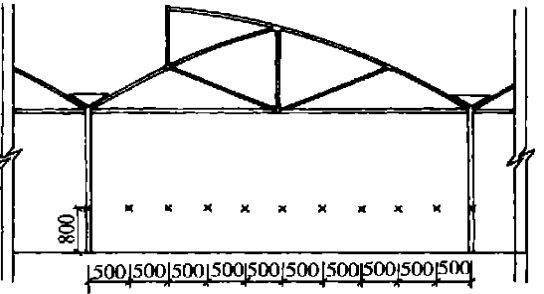


图 3 光照测试布点图

### 3 试验结果分析与讨论

#### 3.1 连栋温室的保温性能

在温室刚建成的 1999 年冬季, 计算机记录的室外最低温度为 - 9.1 , 不加热的 2 号试验区室内温度为 1.1 , 温差达 10.2 。对 2000-02-21 到 03-22 每日早 6:00 温室内外温度的记录数据进行整理, 结果见图 4。这里分别取 2 号和 4 号试验区为试验研究对象。可以看出, 在不加热情况下, 无保温被覆盖的 2 号和 4 号试验区夜间室内外温差达 8~ 10 , 且室外温度越低, 保温效果越明显。

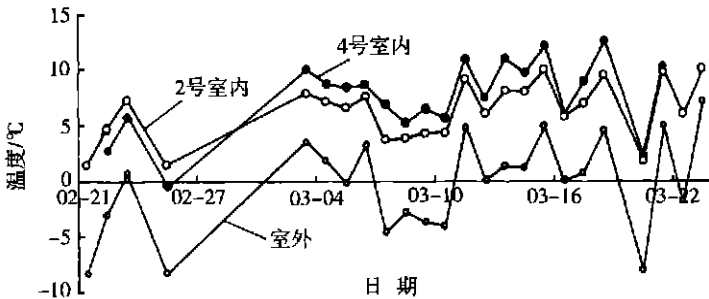


图 4 夜间不加热且无保温被覆盖温室内外温度的变化(早 6: 00, 2000 年)

#### 3.2 连栋温室外保温被的保温性能

在温室内不加热的夜间进行测试, 测试时间为 2000-03-20 到 03-26 每天早 6:00。通过对 1, 2, 4 号试验区室内外温度记录的分析可以看出, 有保温被覆盖的 1 号试验区比没有保温被覆盖的 2 号和 4 号试验区室内温度高 3~ 4 (图 5)。有保温被覆盖的温室室内外温差可达 11~ 14 , 且室外温度越低保温效果越明显。

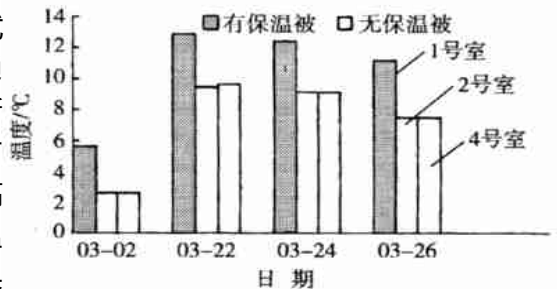


图 5 夜间不加热有无保温被覆盖温室内外温度的变化(早 6: 00, 2000 年)

### 3.3 冬季温室的光照分布与光照度

在 2000-12-25 对温室内沿跨度方向的光照分布进行了测试,布点见图 3,光照分布见图 6。从图 6 可以看出,温室内光照条件较好,虽然沿跨度方向在离北柱 5.0m 到天沟正下方有一条弱光带,但是光照度值也可达 10 klx 以上,可以满足作物生长的要求。尤其是温室内花卉大部分放置在高约 1.0m 的栽培床上,弱光带基本上落在天沟下立柱的两侧;另外通过来回移动栽培床也可以将弱光带对作物的影响程度降到较低。室内光照最弱点光照度与室外的对比见图 7。分析图 7 可知,温室内综合透光率较高,最大仍可接近 60%。

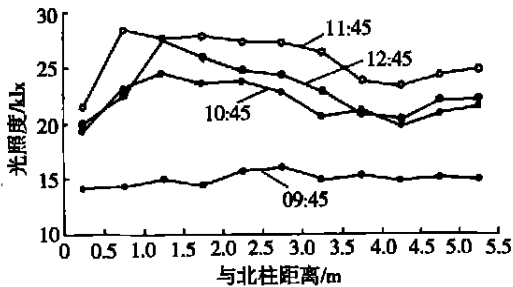


图 6 温室内沿跨度方向的光照分布(2000-12-25)

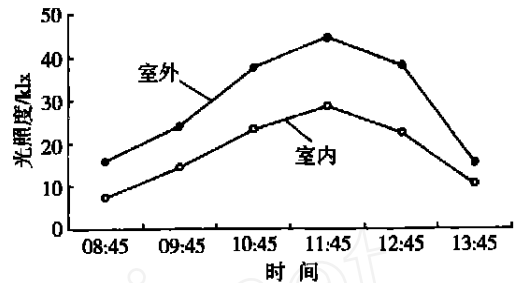


图 7 温室内外光照度(2000-12-25)

## 4 结论

1) NJ-6型节能连栋温室的设计综合了日光温室和连栋温室的优点,并采用了温室屋面覆盖保温被,双层覆膜,在温室北部设操作间等保温措施。2000年2,3月份的试验结果表明,NJ-6型连栋温室具有良好的保温性能:夜间不加热且室外无保温被情况下室内外温差可达 8~10℃;夜间不加热,室外有保温被覆盖的室内外温差可达 11~14℃,适宜在华北大部分地区推广应用。

2) 温室透光性能显著,冬季温室内光照充裕,综合透光率高,在温室使用一年后的冬至日前后综合透光率仍接近 60%。该温室适宜进行育苗和种植多种花卉蔬菜类植物。

## 参 考 文 献

- 1 王松涛 引进,给我们带来了什么?——我国引进温室工作综述 农业机械,2000(11): 7
- 2 万学遂 我国设施农业的现状和发展趋势 农业机械,2000(11): 4~ 6
- 3 Li Baoming, Pan Qiang. Development of greenhouse technology in China. In: Zeng Dechao, Wang Maohua. Proceedings of 99 International Conference on Agricultural Engineering. Beijing: China Agricultural Press, 1999. III- 30- 33
- 4 白洪涛,卜云龙,周毅强,等 LW-4型连栋节能日光温室的研究 农业工程学报,1998,14(增刊): 77~ 81
- 5 刘杰 新型节能连栋温室 农村实用工程技术,2000(12): 8