

日光温室保温节能技术应用与研究进展

吴正景, 张菊平, 王少先

(河南科技大学 林学院园艺系 河南 洛阳 471003)

摘要: 从日光温室的位置、类型、方位、前屋面、后屋面、墙体、温室内多层覆盖、防寒沟、廉价能源、节能设备的利用及栽培、操作管理方面分别介绍了我国日光温室保温节能技术的应用与研究进展。

关键词: 日光温室; 保温; 节能

中图分类号: S 625 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)16-0071-04

设施园艺是一种高投入、高耗能、高效益的三高产业。如加温温室每生产 10 kg 黄瓜需消耗 5 L 石油能源消耗占温室作物生产总费用的 15%~40%^[1]。目前, 由于全世界范围的能源危机的影响, 各国均把节能技术放在首位^[2]。我国发展的三面围墙并注重外覆盖保温的日光温室, 是一种高效节能园艺设施的典型代表。早在 20 世纪 30 年代, 辽宁南部和北京地区开始在冬季利用不进行人工加温的日光温室生产耐寒蔬菜。80 年代中期始, 在原有基础上又全面改进, 尤其是各项节能保温技术、材料的应用, 使得在我国北纬 32°~41°, 乃至 43° 的寒冷地区, 在完全不加热或有及少量加热的温室内, 实现了严冬季节生产喜温果菜的突破, 推出了“高效节能型日光温室”^[3-4]。现从温室位置、类型、方位、结构、材料、管理、作物等多方面, 综合各地日光温室保温节能技术研究及应用情况, 介绍如下。

1 日光温室的位置、类型、方位的保温节能

为了进一步适应保温节能需要, 在普通日光温室的基础上, 发展出了许多新形式, 如半地下式^[5-6]、地坑式^[7-8]、联体式、山麓式^[9]、斜地式^[6]、连栋式等, 均比普通型日光温室有较好的保温节能性能。另外适当降低普通日光温室的高度和延长后屋面长度, 也有明显的保温效果, 但有可能会限制了作物的类型。这些改进, 其保温原理是减小温室地上体积与放热表面积, 减少了空气流动对热量散失的影响, 变相加厚了墙体; 加大了透光面的热进入量, 增加保温比。经比较可知, 鞍山式日光温室有较好的热能利用率^[9], 聂和民^[10]、亢树华、陈端

生^[11]先后对温室热环境研究分析, 提出了优化结构的各项参数指标。综合考虑光温指标, 节能型日光温室高跨比以 0.5~0.6 较合适、方位角采取由南偏西 7°~8°^[12], 高寒地区有的达 10°^[13]。

2 日光温室结构材料的保温节能

2.1 前屋面与保温节能

通过前屋面的贯流放热量占夜间总损失热量的 70% 左右^[14], 故前屋面保温性能好坏是日光温室保温节能的关键所在。近年的相关研究也多集中于此^[2, 15-16]。

2.1.1 前屋面的形状 沙继波等人研究表明, 前屋面采用圆弧形, 从屋背至前沿连线的水平夹角为 33°; 从上至下的水平夹角以 5°~70° 变化, 有利于温室夜间保温, 适于新疆乌鲁木齐地区采用^[13]。较好的等光屋面形状有圆弧形、圆弧—抛物线组合形和摆线形等^[9-11]。通过计算机程序, 设计前屋面数学模型^[17], 在墙体、高度、跨度等其它条件一致的情况下, 求得的最佳前屋面比常规的经验设计每米长度温室增加通光量 100~500 kJ。

2.1.2 前屋面的骨架材料 竹木、混凝土等较粗大的建材, 便宜易得, 但遮荫度大, 减少光透量, 降低了温室的光热利用率。钢材、强化纤维合成材料体积小, 强度大, 可建造无支柱温室, 大有取代传统材料的趋势。

2.1.3 前屋面的透光材料 现代日光温室多采用各种塑料薄膜作透光材料, 少量有玻璃、双层充气膜、PVC 板等。后一类的透光面的保温性能明显提高, 但透光能力下降。一般来说, 塑料薄膜中各种 PVC、PE、EVA 膜的保温性较好^[13]。新型覆盖材料改性聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PETP) 薄膜具有更高的保温性能^[18]。总体而言, 我国保温棚膜不能满足农艺要求。因为我国目前作加工保温棚膜的保温剂几乎都是无机型, 粉末粒性偏大, 致使直射光透过率降低, 影响增温效果, 对节能温室冬春茬果菜生产不利^[19]。

2.1.4 外覆盖保温材料 设施园艺对外保温材料的要求

第一作者简介: 吴正景(1974), 男, 河南濮阳人, 博士, 副教授, 研究方向为设施园艺与园艺植物种质资源。E-mail: wzjhaust@gmail.com。

基金项目: 河南科技大学博士科研基金资助项目 (09001216)。

收稿日期: 2010-05-28

求是: 高保温、不吸湿、轻量化、结实耐用、价格合理^[19]。我国日光温室传统的外覆盖保温材料是草苫(1.2~2.0) m×(8~10) m, 厚4~5 cm), 其保温效果为4~6℃, 最大至10℃, 便宜易得, 但易吸湿, 重量大, 操作不便, 易污染棚膜, 不耐久。王安克等人对多种新型保温材与草苫进行了多年的对比试验^[19], 证明复合纸被、铝箔被、镀铝膜被、丰收布被、防雨不织布(双层)、岩棉被、石棉被、短棉绒被等分别比草苫提高气温0.03~0.43℃, 5 cm地温0.17~0.54℃, 棚内夜间低温出现迟、持续时间短。以PE闭孔发泡自防水材料为芯、涤纶布为面的保温材料具有良好的防水性、保温性且强度高, 保温性比草苫平均高1~2℃^[20], 添加PVA长波反射层, 也具有一定的保温效果^[21]。薛玉林、陈瑞生等对保温被及保温措施也进行了较多研究^[22-23]。新型保温被, 除自身保温性能较好外, 还具有质轻、成本低、来源广、易推广、耐久、适于机械化操作、工厂化生产等特点。新型轻质外保温材料与保温透明屋面配合使用, 或2种、2种以上的外覆盖材料同时使用, 保温效果会更好。如纸被+草苫、双层冲气膜+保温被等可比一层保温材料增温1~3℃^[24]。室内热环境状态随温室保温能力的改进而得到稳定改善, 保温透光二合一材料(PHF)可以创造更好的室内热环境^[25], 如透明蜂窝结构覆盖材料将透光覆盖保温性能兼具, 比普通无外覆盖材料日光温室可增夜温5℃。夜间放热量减少40%, 但要保证越冬, 还要配合外保温材料^[26]。

2.2 后屋面与保温节能

日光温室的后屋面一个功用是支撑存放草苫等物, 且适于人员操作。另一作用是可以贮热。夜间放热, 后屋面过短、过长, 仰角过小、过大都不利于保温或建道上不可行。经过全面优化后的后屋面仰角应不小于冬至正午时当地太阳高度角, 且最好比其大7°~8°; 后屋面投影1.0~1.5 m为宜^[27]。后屋面建造时, 多采用几种材料(麦秸、稻秆、泥土、油毡等)多层覆盖, 一般要>40 cm(兼顾后屋架负荷能力, 不能过重), 可明显减少通过后屋面的夜间放热。

2.3 墙体与保温节能

陈瑞生将测温传感器砌入不同的墙体中, 结果发现50 cm厚的土墙白天夜间均为吸热体^[27]。邹志荣等人也有相似研究, 并把标准墙体由内向外按照温度的变化划分为蓄热层、隔热层、保温层^[9, 27]。由物理热阻原理计算, 传统的单质土墙厚度达到1.04~2.16 m才能收到较理想的保温效果^[9]。这样的墙体不仅占用了大量耕地, 且建造不便, 费工费时。近来提出墙体结构模式向具有一定厚度的异质复合墙体发展。即内侧由吸热蓄热能

力强的材料组成蓄热层, 外侧由导热、散热能力极差的材料组成保温层, 中间是轻质、干燥多孔的导热能力极差的隔热层。研究表明, 珍珠岩、炉灰渣是以较好的隔热材料。邹志荣等研究表明120 mm厚的炉渣砖+60 mm厚聚苯乙烯泡沫板(外隔热材料)保温蓄热性能明显强于1 m厚的土墙^[28]。郭慧卿等对20种不同构造的日光温室内的温度环境进行了逐时模拟, 发现用120砖—120珍珠岩—240加气混凝土结构的北墙为最优组合^[29]。陈瑞生等证明480 mm空心砖夹心墙明显比500 mm厚土墙蓄热放热性能好^[30]。雷润田等设计的双空墙日光温室为120砖—70—120砖—70—120砖5层结构, 中间2层70 mm空间两侧各张挂一层地膜, 比对照室温增加3~5℃^[31]。200加气混凝土砌块+100聚苯板+200加气混凝土砌块3层结构墙体具有较高的经济性^[32]。目前生产中较普遍应用的异质复合墙体多为空心墙或夹心墙。双层充气卷帘与单层膜覆盖侧墙, 前者减少侧墙热损失约85%^[1, 21]。

2.4 温室内多层覆盖与保温节能

日光温室内地膜、无纺布(浮动覆盖)、小拱棚、中棚、反光膜、可移动保温幕的使用, 均有一定的保温作用。一般而言, 三层覆盖比二层覆盖可增温3℃左右, 二层覆盖比单层覆盖可提高气温2.5℃左右。以黄瓜种植为例, 产值分别提高20%和10%^[12]。室内每层覆盖可灵活应用, 如地膜+小拱棚(+草苫)、地膜+可移动保温幕、浮动覆盖+二层保温幕等。的确良、棉布做为内保温材料较常用的铝箔具有更好的保温除湿性^[33]。总体而言, 单用保温幕或浮动覆盖, 比单用地膜、小拱棚、中棚效果好。其原因是前者是整体保温, 后者局部保温。20 g/m²的不织布作浮动覆盖, 室内气温可增加2.7~5.7℃^[34]。张挂1 m高反光幕(后墙前1 m处)可增室内气温2~5℃, 地温1~3℃^[9, 35]。

2.5 防寒沟、保温板与保温节能

据测定, 夜间日光温室通过土壤横向传导散热占总热量的12.5%~13.2%^[11]。在保护地周围挖一条宽30~40 cm、深50~100 cm的沟, 内填稻壳、干草等保温材料或相同前沿下方竖直埋入1 m高的吸湿性小、导热系数小、整体性好的聚苯板等强隔热的保温板, 具有较好的保温隔热性能, 均有较好的阻止热横向土层中传导的作用, 而炉渣作用不明显^[5, 11, 36]。张瑞福证明, 高纬地区日光温室防寒沟应为1~1.2 m深、0.5 m宽, 内填马粪、稻壳、珍珠岩等防寒物, 冬季可提高温室内前沿部分土温2~4℃^[38]。

3 廉价能源、节能设备的利用

利用太阳能装置加热水体, 使其在温室内或土层中

放热管道内循环,在夜间把贮存的热量缓慢释放出来,是目前较多人所关注的一项新技术,或把温室内气体通过管道等在地上地下循环的地中热交换技术,有效地保持了温室内的适温恒定,节能效果明显。张海莲等设计的地下蓄集太阳能温室内年均温比露地提高 12.2℃,年节约约煤 30 t^[37];李登顺等把向阳面涂黑的圆塑料管固定于北墙上,向内注冰,白天上午吸热,水温可上升至 40℃,下午夜间放热。用这种温水浇地,地温可升高 5.3℃^[38];马承伟等研究表明,连栋温室采用地中热交换系统,可有效保证夜间室温高于室外 11℃以上^[39]。

经测定,地中铺 1 层 15 cm 厚的马粪,平均地温可提高 2.7℃;铺混入鸡粪的麦秸,增温 2.5℃;铺混入尿素的麦秸,可增温 1.5℃^[40]。由辽宁省鞍山市园艺设备研究所研制生产的 HOPE-2000 型高效节能热风炉,比蒸汽和水暖锅炉节省费用 50%以上。

另外工厂余热的利用,地下热源的开发,均可降低人工加热的成本或不进行人工加热。

4 栽培、操作管理与节能

保持前屋面清洁,增加透光率,科学确定保温覆盖材料揭放时间^[41];科学通风换气,减少显热失热。勤中耕、松表土、降低土壤表面含水量、降低土壤蒸发量、促进深层土壤吸热增温。变温管理。专棚专用,因作物而异,选用不同棚型,以免无意义能量消耗。选用、培育耐低温作物品种,可明显降低能量需求。建造生态温室或立体栽培,充分利用热能和空间,可明显减少能量消耗。应用土壤增温剂、CO₂ 气体施肥、节水灌溉、抗寒锻炼等节能日光温室配套技术,可明显增强作物抗逆性,尤其对低温的耐性。由此可知,高效节能日光温室的进一步发展,不仅仅是园艺科学的问题,而且涉及到材料学、建筑学、数学、力学、化学、物理、生物学、经济学等学科。保温节能的研究已由经验估计到数学计算、定性分析到定量研究过渡。

今后,高效节能日光温室保温节能方面要迫切解决的问题是:(1)我国目前市场上还没有出现满足保温性、防水性、防风性、抗老化性、机械性和较好经济性的温室保温覆盖材料。因此新型节能覆盖材料的开发研制,对我国北方设施园艺的发展具有重要的促进作用^[32];(2)日光温室热环境及影响因素的进一步研究及与作物生长互作作用的研究;(3)加快适于日光温室生长的耐低温型作物新品种的培育进程及节能栽培模式、管理方法的研究;(4)简便易行、造价低廉的太阳能、地中热交换系统的开发推广。

参考文献

[1] 邱建军.温室保温覆盖材料传热系数的测定[D].北京:北京农业大学,1995.

[2] 潘强等.华北型连栋塑料问世节能对策与实践[J].农业工程学报,1999,15(2):155-159.

[3] 张真和.高效节能型日光温室的开发进展及问题讨论[J].中国蔬菜,1992(5):1-3,13.

[4] CHEN Duan sheng. Technology of the Energy-sewing Sunlight Greenhouse in China. The Proceedings of International Symposium on Applied Technology of greenhouse ISTG' 91[C]. Knowledge Publishing House, 1991: 41-49.

[5] 魏春云.寒地温室工程(上)[J].农村实用工程技术,1997(2):5.

[6] 马志虎,罗秀龙,宋春等.半地下式日光温室的结构和性能[J].长江蔬菜,1999(5):33-35.

[7] 于仲吾,徐峰,苇武青.地坑日光温室的保温效应[J].中国农业气象,2000,21(1):44-46.

[8] 王海啸,李杰林.黄土高原地区坑式日光温室保温性能试验研究[J].山西农业大学学报,2006,6(5):11-13.

[9] 亢树华.鞍山日光温室的沿革和改进[J].农业工程学报,1990,6(2):101-102.

[10] 聂如民.日光温室的结构与发展问题探讨[J].农业工程学报,1990,6(2):100-101.

[11] 方树华,陈端生.日光温室优型结构的研究[J].农业工程学报,1996,12(增刊):30-35.

[12] 邹志荣,饶景萍,陈红武编.设施园艺学[M].西安:西安地图出版社,1997.

[13] 沙继波,邱红梅.节能日光温室的结构、建造及性能.设施农业相关技术[M].北京:农业科技出版社,1999.

[14] 邹志荣,李建明,王乃彪等.日光温室温度变化与热量状态分析[J].西北农业学报,1997,6(1):58-60.

[15] 张真如,李建伟.我国棚室覆盖材料的应用与发展(上)[J].长江蔬菜,1997(7):1-3.

[16] 张真如,李建伟.我国棚室覆盖材料的应用与发展(下)[J].长江蔬菜,1997(8):1-4.

[17] 佟国红,李永奎,孟少春等.利用动态规划设计温室前屋面最佳形状的研究[J].沈阳农业大学学报,1998,29(4):340-343.

[18] 曹楠,林聪,王宇欣等.PETP 薄膜保温特性的试验研究初报[J].农业工程学报,2004,20(4):242-245.

[19] 王克安.山东日光温室蔬菜生产节能新技术研究及发展[C]//设施农业相关技术.北京:中国农业科技出版社,1999:141-143.

[20] 徐刚毅,周长吉.日光温室 PE 发泡自防水保温被的研制与性能测试[J].农业工程学报,2005,21(1):128-131.

[21] 李化龙,刘新生,范彩兰等.日光温室反辐射式保温被的开发与特性研究[J].陕西气象,2001(1):24-26.

[22] 薛石林,杨志刚,田立苹.不同外保温措施对日光温室的温度影响[J].农业工程学报,1996,12(增刊):144-145.

[23] 陈端生,邱建军,王刚等.几种日光温室外保温覆盖材料的保温性能[J].农业工程学报,1996,12(增刊):108-115.

[24] 徐刚毅,陈斌.东北日光温室提高前屋面保温性能新方法[J].吉林蔬菜,1995(5):9-11.

[25] 酃伟,汤楚宙,汤楚宙.日光温室的热环境理论模型[J].农业工程学报,1997,13(2):160-163.

[26] 周新群,董仁杰,张淑敏等.日光温室外保温蜂窝结构覆盖材料研究[J].农业工程学报,1998,14(4):139-163.

[27] 陈端生.中国节能型日光温室建筑与环境研究进展[J].农业工程学报,1994,10(1):123-128.

- [28] 邹志荣, 李建明. 日光温室新型墙体材料应用性能的研究[Q]//设施农业相关技术. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 118-123.
- [29] 郭慧卿, 张振武. 日光温室北墙结构与室内温度环境的关系[J]. 沈阳农业大学学报, 1995, 26(2): 193-199.
- [30] 陈端生, 郑海山. 日光温室气象环境综合研究(一)墙体覆盖物热效应研究初报[J]. 农业工程学报, 1990, 6(2): 77-81.
- [31] 雷润田, 白桂云. 双空墙日光温室保温性能及生产研究[J]. 北方园艺, 1998(5): 20-22.
- [32] 柴立龙, 马承伟, 籍秀红, 等. 北京地区日光温室节能材料使用现状及性能分析[J]. 农机化研究, 2007(8): 17-21.
- [33] 任艳芳, 何俊瑜, 温祥珍, 等. 大型温室新型内保温材料的保温性能试验[Q]. 国际农业生物环境与能源工程论坛论文集, 2003: 209-211.
- [34] 戴雅东, 房思强. 不织布在日光温室冬季蔬菜生产中应用研究[J]. 辽宁农业科学, 1997(6): 23-26.

- [35] 张端福. 高纬地区开发高效节能日光温室蔬菜生产的意义及原理[J]. 吉林蔬菜, 1999(5): 32-35.
- [36] 白义奎, 刘文合, 柴宇, 等. 防寒沟对日光温室横向地温的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(5-6): 595-597.
- [37] 张海莲, 赵利敏. 温室地下蓄热集太阳热能的效果研究[J]. 西北农业学报, 1997, 6(1): 54-57.
- [38] 李登顺. 太阳热能温水管对温室增温效应研究初报[Q]//设施农业相关技术. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 132-136.
- [39] 马承伟, 黄之栋, 穆丽君. 连栋温室地中热交换系统贮热加温的试验[J]. 农业工程学报, 1999, 15(2): 160-164.
- [40] 周长吉, 郑海山. 北京节能型日光温室研究与应用[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993.
- [41] 刘璎璁, 丁为民, 张剑锋. 日光温室保温帘揭盖时间的确定[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 230-233.

Advances in Heat Preservation and Energy Saving Technology Applied in Solar Greenhouse

WU Zheng-jing, ZHANG Ju-ping, WANG Shao-xian

(College of Horticulture, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003)

Abstract: The heat preservation and energy saving technology applied in Chinese solar greenhouse were reviewed. It includes greenhouse's location, type, orientation, roof, wall, multi-layer inner thermal screen, cold-proof ditch, cultivation and management technology and so on.

Key words: solar greenhouse; heat preservation; energy saving

立夏蔬菜病虫害防治

立夏后蔬菜病虫害多发, 要加强预测预报, 坚持“以防为主, 综合治理”的原则。

番茄晚疫病、叶霉病发生严重, 除及时摘除病叶、病果外, 晚疫病用 64% 杀毒矾可湿粉 500 倍液、72% 农利来可湿粉 600~800 倍液或 72% 克露可湿粉 600~800 倍液喷雾; 叶霉病用 75% 百菌清可湿粉或 50% 多菌灵可湿粉 500 倍液喷雾, 如果百菌清、多菌灵效果不好, 可选用加瑞农等新药, 具体使用方法要按说明进行。

番茄脐腐病的防治, 番茄果实坐果后 30 d 是吸收钙的关键时期, 可根据实际情况喷洒 1% 的过磷酸钙, 或 0.5% 氯化钙加 5 mg/kg 的 NAA (萘乙酸) 或 0.1% 硝酸钙及爱多收 5 000 倍液, 从初花期开始, 每 15 d 用 1 次, 连续 2 次。

菜青虫、小菜蛾可用 2.5% 菜喜悬浮剂 800~100

倍; 蚜虫可选用阿维菌素、吡虫啉、苦参碱等药剂防治, 但瓜类、大豆不提倡使用吡虫啉, 以免产生药害; 黄曲条跳甲、猿叶虫可选用乐斯本、搏乐、除虫净等防治。

严格按照无公害蔬菜产品农药安全间隔期使用, 应大力推广生物农药和推广生态防治技术, 例如采用高温闷棚防治黄瓜霜霉病。

采用频振式杀虫灯杀灭害虫等。对死秧 1/3 以上的棚应进行土壤消毒后换茬, 采用土壤净化剂 (石灰氮—氰胺化钙) 加秸秆或植物秧蔓, 进行深翻 25~30 m 垄、盖膜、灌水、密闭大棚, 高温消毒 20~25 d, 可有效防治土传病虫 (根结线虫) 害及连作障碍引起的生理病害。