

几种日光温室复合保温被保温性能分析

周长吉 周新群

(中国农业工程研究设计院)

桂金光

(沧州金泰园艺设施有限公司)

摘要 通过试验测定,分析了目前市场上最新推广的 6 种日光温室前屋面保温被的保温特性。试验采用单拱棚。测试结果表明被测 6 种保温被中的 5 种其保温能力达到或超过了单层稻草草苫的保温水平,文中还对保温被的结构和防水性能进行了讨论,对其中反光铝箔层设置的必要性进行了分析,对保温被结构及其保温性能的进一步改进和提高提出了措施。

关键词 日光温室 保温被 热工性能

长期以来,日光温室前屋面夜间的保温主要依靠覆盖草苫来实现。尽管草苫、蒲席等传统保温覆盖材料在日光温室的发展进程中起到过举足轻重的作用,但随着温室向集约化、规模化方向发展,草苫的笨重、不防水、质量不均、使用寿命短、机械化作业困难、对薄膜的磨损破坏严重等缺点日益突出,而且又是天然材料,资源日趋紧张,开发轻质、防水、价格适中、适于工厂化生产的新型保温覆盖材料替代传统的草苫、蒲席已成为时代的潮流,受到了温室科研、生产和企业等各个部门的重视^[1,2]。近几年,我国各地区陆续开发应用一些日光温室新型保温被。1995 年西北地区大面积试验成功性能超过麦草苫的微孔泡沫塑料芯复合保温被和两层薄膜(一层镀铝)中间夹两层瓦楞状泡沫纸的保温被,并在西北地区推广^[3]。而使用棉被加塑料膜保护,在室外-18℃最低气温条件下可保持室内最低气温 13.5℃,基本满足喜温果菜的低限温度^[4]。对 5 种有可能替代草苫的保温被进行的阳畦覆盖试验和试验室采用绝热模型箱方法进行的传热系数的静态测试,获得各种保温材料进行保温性能比较的参数,但遗憾的是所试验几种保温被保温性能均未达到草苫的水平^[5]。透明蜂窝结构覆盖材料将透光覆盖材料和保温材料合二为一,但试验和模拟结果都表明,虽然这种方法比普通塑料薄膜日光温室白天能提高室内温度 5℃,夜间热损失比单层塑料薄膜减少 40%,但要保证日光温室越冬还必须配合外保温覆盖材料^[6]。近两年来,市场上陆续出现一些保温性能较好的材料,有的已投入批量生产,在生产应用中收到了良好的效果。作为阶段性总结和评价比较目前市场上保温被的保温性能以及为今后进一步推广应用和改进提高保温被的性能,笔者收集国内目前批量使用的几种主要规格保温被,对其进行相同条件下的保温性能试验,文中以覆盖不同保温被的小拱棚内气温变化作为评价保温被保温性能的指标。根据各个小拱棚内夜间气温变化的测试情况,分析比较 6 种现行市场销售的新型保温被的性能、结构,旨在对今后保温被的选用和进一步改进提供参考。

1 材料与试验

1.1 材料

——试验测试材料包括草苫和 6 种新型保温被,各种保温被的结构特点如表 1。

收稿日期: 1999-01-28

周长吉, 博士, 高级工程师, CSAE 高级会员, 北京市朝阳区东三环北路 16 号 中国农业工程研究设计院设施农业研究所, 100026

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

表 1 各种保温被结构特点

Tab. 1 The structures of roof insulating pads

保温被种类	重量/kg·m ⁻²	幅宽/m	保温被结构(由外到内)
草 苫	3.25	1.5	稻草苫
1 号被	1.10	3.2	白色防水布+ 3 mm 厚发泡聚乙烯+ 800 g/m ² 无纺布毡+ 铝箔
2 号被	0.96	3.0	银灰色防水布+ 800 g/m ² 针刺毛毡+ 银灰色防水布
3 号被	0.36	4.0	不防水绸布+ 8 mm 厚自防水发泡聚乙烯+ 铝箔
4 号被	0.99	2.2	PVC 塑料+ 毛毡+ 铝箔+ 毛毡针刺为一体, 总厚度 5 mm
5 号被	1.67	3.0	绿色防水布+ 无纺布+ 1000 g/m ² 无纺布毡+ 无纺布+ 防水布
6 号被	1.92	3.0	白色无纺布+ 薄膜+ 10 mm 厚针刺麻毡+ 薄膜+ 无纺布

注: 保温被重量系根据测试样品实际测量称重后计算而得, 可能与厂家提供的数据有些出入。

1.2 试验棚

试验场地设在河北省沧州。试验用 4 个小拱棚自西向东在同一纵轴线上排列, 依次设为 1 号、2 号、3 号、4 号棚, 各棚之间间距 4 m。拱棚长 4 m、高 1.35 m、跨度 3.67 m, 如图 1。为了避免北风的侵袭, 保证拱棚内温度的回升和稳定, 小拱棚布置在一堵高 2.5 m 砖墙的南侧。小拱棚采用装配式热镀锌薄壁钢管骨架, 普通聚乙烯薄膜覆盖, 于 1999 年 1 月 22 日扣膜, 1 周后棚内地温逐渐上升, 且室内气温变化较为稳定, 于 1 月 30 日正式记录测试。

1.3 试验仪器与测试方法

1.3.1 试验仪器

每个棚内设置两个 Cu50 热电阻用于棚内温度测试, 测点位置如图 1。室外距棚约 2 m 处设置一个 Cu50 热电阻测量室外气温。传感器距地面高 1.1 m, 采用数字式万用表读数。

1.3.2 试验方法

本试验在拱棚整个弧面夜间覆盖试验保温被, 对东、西两个棚头, 4 个拱棚均用双层 2 号保温被覆盖。早上 9:00 揭开全部保温被采光, 下午 16:00 覆盖保温被, 并开始记录数据。测试时间为 16:00~ 8:00, 数据记录间隔 1 h。为了克服由于试验拱棚数量少而引起试验条件变化的困难, 试验中将供试 6 种保温被分为两组, 分别以草苫作为对照。每组试验选出两种保温性能较好材料, 再将这两组较好材料放在一起进行对比测试, 最终优选出保温性能最好的材料。具体试验布置见表 2。

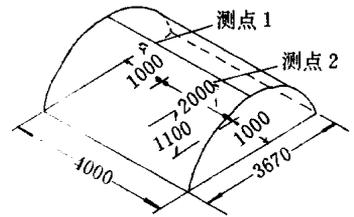


图 1 试验拱棚结构及测点布置
Fig. 1 Test tunnel's structure and test points

表 2 测试期间试验布置*

Tab. 2 Test arrangements

组别	测试时间	1 号棚	2 号棚	3 号棚	4 号棚
第一组	1 月 30 日 16:00~ 1 月 31 日 8:00	草 苫	1 号被	2 号被	3 号被
第二组	1 月 31 日 16:00~ 2 月 1 日 8:00	草 苫	4 号被	5 号被	6 号被
第三组	2 月 1 日 16:00~ 2 月 2 日 8:00	1 号被	2 号被	5 号被	6 号被

* 第三组试验是在前两组试验的基础上, 根据试验结果(参见图 2a 和图 2b)选定两组中保温性能较好的前两种材料重组安排。

2 结果与分析

2.1 测定结果

各次测试结果如图 2a、图 2b、图 2c 所示。从图 2a 和图 2b 看, 1、2、3 号保温被覆盖的拱棚内夜温分别比草苫内夜温高 0.7、0.75 和 0.4 (图 2a), 4、5、6 号保温被覆盖的拱棚内夜温与草苫覆盖的拱棚内夜温分别相差 -1.9、0.8、0.6 (图 2b)。本次试验除 4 号保

温被由于保温芯层(毛毡)较薄(约 5 mm)且密实不够蓬松,保温效果较差外,6 种保温被中其它 5 种保温被的保温效果均优于试验用草苫。这说明这几年开发的新型日光温室前屋面保温被其保温性能已基本接近或超过草苫的保温性能。但同时也看到,仅限于比草苫高 1 的范围内。也就是说,这些保温被仅限于使用在冬季室外最低温度在- 10 以上,太阳光照比较充足的地区,对于室外温度更低的地区,使用这些保温被种植喜温果菜仍然有很大困难。

图 2c 表明各棚分别在 1、2、5、6 号保温被覆盖下的棚内温度的变化。以一夜间(16: 00~ 8: 00)棚内下降的温差来看,1、2、5、6 号保温被下的棚温分别下降 14.1、12.1、13.2 和 13.1。2 号保温被下温差较小,说明温度下降较缓,其保温效果较好;5、6 号保温被的保温效果基本相当;1 号保温被略逊。

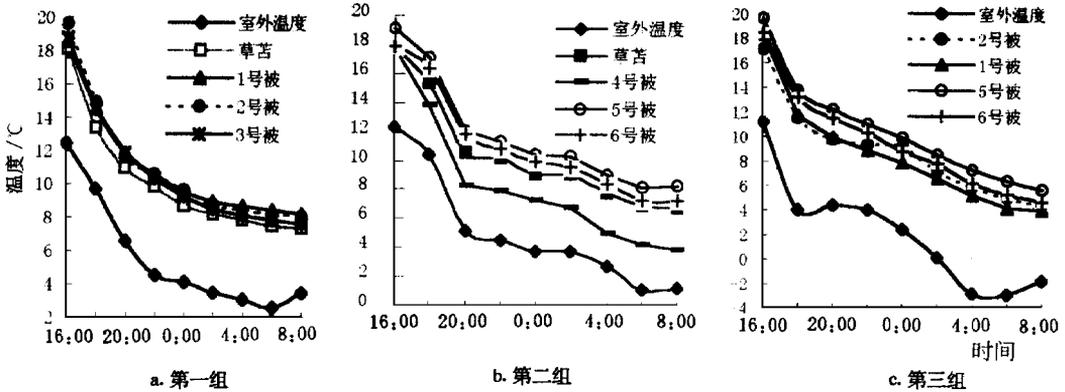


图 2 各试验组保温被保温效果

Fig. 2 Temperatures of insulation pads in different testing groups

2.2 讨论

2.2.1 保温被构造形式与芯层材料

由于表面防水布层和芯层材料制作工艺的限制,保温被幅宽一般为 3~ 4 m。各幅之间的搭接方式略有区别:1、3、5、6 号保温被均采用冲压扣中串绳索的方法来连接,造价低廉;2 号保温被使用的是子母粘连接,各幅之间的连接简便且密合,利于防风。

根据各种保温被结构形式以及芯层材料构成(表 1),笔者认为,5 号和 6 号保温被保温效果优良的主要原因在于其毛毡芯层较为厚重(重量分别为 1.67 kg/m²、1.92 kg/m²)。另外,芯层材料比较蓬松多气也是保温效果较好的重要原因。但是,厚重的保温被增加了卷被机构的负重,卷被传动装置在设计当中需谨慎考虑。6 号保温被所用毛毡抗拉强度小,内、外表面无纺布不具备防水功能,这些均将对保温被的使用年限造成一定影响。2 号保温被的毛毡芯层结构较为疏松,且毛毡抗拉强度较大,比较适宜作为保温被的主要保温芯层,可作为今后进一步改进提高日光温室前屋面保温被保温性能的一种基本考虑。1 号保温被的保温芯层由两种材料组成,外层为 3 mm 厚发泡聚乙烯,内层为 600 g/m² 的针刺毡,两者较为合理的结合放置,使保温被达到较好的保温效果;外层发泡聚乙烯的自防水功能使内层针刺毡不被雨、雪、露水浸湿,保证了内层材料保温能力的充分发挥。3 号保温被芯层为发泡聚乙烯,其自重很小,不易压实,这将影响保温被的使用,尤其在大风天气里保温被的保温作用将受到较为严重的影响。

2.2.2 铝箔的作用

铝箔是反射绝热材料中最为经济实用的一种。近年来,国内在日光温室新型保温被的开发研制中,倾向于内表面缝粘铝箔的做法,希望借助铝箔的辐射特性提高保温被的保温能力。在



本次试验中, 1 号、3 号和 4 号保温被均设置有铝箔反射层, 但通过试验观测发现, 铝箔在保温被中的实际保温效果并不明显。铝箔的绝热作用主要在于它具有高反射、低发射的辐射特性。对于辐射透过性的保温材料(如透明蜂窝结构材料), 铝箔的高反射、零透射的辐射性质可以大大降低透过透明保温材料的辐射热量, 减少保温材料的总传热量, 从而提高该种材料的保温能力^[6]。对于非透过性的保温材料, 如现行的各种保温被, 内表面铝箔将室内的辐射热量反射回到室内, 不加铝箔的保温被在吸收了室内的辐射能量后, 向外界再发射。从这点看, 铝箔保温被下散失的热量少。然而, 较少的散热量引起铝箔保温被下不加温的棚内温度下降较缓, 室内外温差相对较大, 这将引起散热量的相对增加。两者处于动态的变换之中, 使铝箔的保温效果在非透过性保温材料表面粘贴中不能得以良好发挥。另外, 铝箔机械强度较低, 遇冷发脆, 在冬天保温被多次卷放的情况下, 内表面铝箔易断裂, 影响保温被的防水和使用性能。为此, 笔者认为在日光温室前屋面保温被中是否设置铝箔反射层还应慎重考虑, 在不影响材料保温性能的前提下, 为尽量降低成本, 对之进行专项研究也是非常必要的。

致谢: 本试验得到了沧州市工商贸易中心塑料大棚厂的大力协助并提供了试验温室, 北京市农业机械研究所、北京市农林科研院所蔬菜中心、北京绿鹏公司等免费提供了试验样品, 作者在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 张福壤, 陈端生 面向 21 世纪的中国设施园艺工程 农业工程学报, 1995, 11(增刊): 109~ 114
- 2 戴 梅, 沈善铜 日光温室考察报告 农业工程学报, 1995, 11(增刊): 132~ 135
- 3 邱仲华, 宋明军 一种复合保温覆盖材料研制和应用初报 农业工程学报, 1995, 11(4): 117~ 120
- 4 薛 琳, 杨志刚, 田立苹 不同外保温措施对日光温室的温度影响 农业工程学报, 1996, 12(增刊): 144~ 145
- 5 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 农业工程学报, 1996, 12(增刊): 108~ 115
- 6 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的研究 农业工程学报, 1998, 14(4): 159~ 163

Performance Analysis on Several Kinds of Insulation Pads for Solar Plastic Greenhouse

Zhou Changji Zhou Xinqun

Gui Jinguang

(Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing, 100026)

(Cangzhou Horticultural Co., Ltd)

Abstract The insulation properties of 6 newly developed roof insulation pads were analyzed on the basis of measurements in tunnels. The test results showed that the insulation ability of the 5 out of the 6 pads was better than that of the tested straw curtain, which means that they can be used alone to enable vegetable to grow during winter time in the area where the light intensity is high enough and outside temperature is not lower than -10°C . The structure and waterproof performance, together with the necessity of the reflective aluminum in insulation pads were discussed. Suggestion on the structure to improve insulation performance was proposed as well.

Key words solar plastic greenhouse, insulation pads, insulation performance