

# 日光温室后墙张挂不同材料对室内环境因子的影响

韦 峰, 江 力, 白 青, 张 亚 红

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:**以宁夏贺兰园艺产业园日光温室为研究对象,以日光温室后墙裸墙为对照,研究了反光幕、黑色膜不同后墙张挂材料处理对日光温室室内光照强度、墙体表面温度及湿度等室内环境的影响,以期为日光温室环境调控提供理论依据。结果表明:水平方向反光幕区光照强度最大,平均高于其它2个区12.7%~15.4%;垂直方向与水平方向相似,三者差异显著;晴天黑色膜区墙体表面温度最高,平均高于其它2个区1.6~7.2℃;阴天受光照影响,裸墙区墙体表面温度最高,平均高于其它2个区1.3~4.5℃;晴天裸墙区墙体表面平均湿度最高,高于其它2个区9.5%~16.3%;阴天黑色膜区平均湿度高于其它2个区6.3%~10.4%;不同处理下墙体表面平均温度进入冬季后逐渐降低,尤其夜间规律明显,黑色膜区温度始终高于其它2个区。

**关键词:**日光温室;反光幕;黑色膜;环境

**中图分类号:**S 625.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)02-0044-05

日光温室因其卓越的保温节能优势在中国北方发展迅速<sup>[1]</sup>,墙体作为日光温室主要的蓄热载体,在温室

热量平衡中发挥着重要的作用<sup>[2]</sup>。国内学者对单质墙体和复合墙体的传热特性和热量环境做了大量研究<sup>[3-9]</sup>,为日光温室结构优化提供了有益参考。

由于日光温室坐北朝南,东西延长,采光面向南便于增加冬季光照,但温室内光照在南北方向受光不均,北墙作物区光照弱,使作物徒长,品质下降。为提高日光温室北部光照强度,针对后墙张挂反光幕开展了较多研究。王冰亚<sup>[10]</sup>利用日光温室张挂反光幕技术,使番茄生长期光照强度最大提高65%,50 cm以下的植株

**第一作者简介:**韦峰(1990-),男,内蒙古鄂尔多斯人,硕士研究生,研究方向为设施园艺环境。E-mail:407488654@qq.com.

**责任作者:**张亚红(1965-),女,宁夏平罗人,博士,教授,博士生导师,研究方向为设施园艺环境。E-mail:zhyhcau@sina.com.

**基金项目:**国家级大学生创新实验资助项目(12NXN42);国家星火计划资助项目(2011GA880001)。

**收稿日期:**2013-10-24

## Effects of Different Plant Regulators on the Rooting of Hardwood Cuttings of *Actinidia chinensis* cv. Hongyang

GAN Li-ping, WU Ying-mei, ZHU Hua-lai

(College of Life Science and Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404100)

**Abstract:** Using 'Three Gorges Rainbow' *Actinidia chinensis* cv. Hongyang as test materials, the effect of rooting rate, rooting number, root length on rooting status of cuttings treated with three different concentrations of 200, 500, 1 000 mg/L of plant regulators including indole cytokinin (6-BA), gibberellic acid (GA), indole acetic acid (IAA), ABT (ABT) were studied. The results showed that the rooting rate of cuttings treated with IAA was prominently higher than other treatment methods, but on rooting rate, it showed a downward trend with the increase of IAA mass concentration and concentration of 200 mg/L IAA had best affection with rooting rate of 50.3%. GA also had stimulative effect on rooting number in addition to IAA. On average root length, IAA also showed a very significant advantage while 6-BA showed worst. Multiple comparison analysis showed that, cuttings treated by IAA 200 mg/L had a significant difference with other concentrations. There were no regularity of significant differences on promote root effect between different concentrations of other agents. The actual concentration in practice need to be screened.

**Key words:** *Actinidia chinensis* cv. Hongyang; plant regulators; cutting; promote root

叶片光照强度提高 30%，日平均气温提高 2~4℃；蔡德存等<sup>[11]</sup>观测到反光幕用于架床时，床面光照强度可增加 20%以上，白天 5 cm 地温升高 1~2℃，瓜苗无徒长和南倾现象，壮苗率显著提高；吴继忠<sup>[12]</sup>认为，悬挂反光幕能有效增加温室内光照强度，提高地温、气温，降低湿度，大幅度提高温室中后部黄瓜的产量和品质；陈白凤<sup>[13]</sup>观测认为反光幕的增光有效范围一般距离反光幕 3 m 以内，地面增光率为 9.2%~40.4%，60 cm 空中增光率为 7.9%~43.0%，地温、气温一般均提高 2℃左右；王静等<sup>[14]</sup>也指出在温室后墙设置反光幕以补充温室内后墙附近光照强度，可以缩小温室内南北方向上光照强度的差异，有效改善温室内整体光环境，提高作物产量；张利华等<sup>[15]</sup>根据太阳视运动方程，计算了反射光在床面落点，推算出全国各主要纬带、主要使用期日光温室反光幕的最优悬挂角度。以上的研究均基于日光温室后墙张挂反光幕环境效益及其对作物生长影响进行分析，而对于张挂其它材料对温室环境的相关研究却鲜见报道。

在寒冷的冬季，日光温室后墙起到白天蓄热夜间放热的功能，张挂反光幕后，虽然提高了温室北部的光照强度，但对后墙白天的蓄热受阻，夜间放热也相对减少，使冬季温室保温性减弱，温度降低，影响作物越冬。该试验通过对后墙张挂反光幕、黑色膜及裸墙的环境效应对比测试，分析不同材料的补光和蓄热效果，以期对日光温室光热环境调控提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试温室位于宁夏贺兰园艺产业园。温室坐北朝南，东西延长。温室跨度 8 m，长度 80 m，脊高 4 m，后墙高 2.4 m，骨架为钢结构。墙体为土质墙体外加 24 砖墙，厚度 2.8 m。温室前屋面采用 EVA-T 型长寿无滴膜，夜间前屋面覆保温被保温，采用电动卷帘机。温室内于 9 月定植小乳瓜。照度计(DT1301 型)，香港 CEM 公司；记录仪(ZDR-11 型)，杭州泽大仪器有限公司；室内环

境监测仪器(温室娃娃)，国家农业信息化工程技术研究中心制造。

### 1.2 试验方法

试验于 2011 年 9 月至 2012 年 3 月进行。试验设后墙张挂黑色膜(BF)、反光幕(RF)2 个处理，反光幕幅宽 1 m，厚度 0.045 mm；黑色膜幅宽 2.2 m，厚度 0.05 mm，2 种材料均以长 9 m、宽 2 m 的长方形形状张挂在对应处理墙体的中部。以裸墙为对照(CK)。区组分布见图 1。

I	II	III
黑色膜幕 (BF)	裸墙 (CK)	反光幕 (RF)
西 ← → 东		

图 1 试验处理分布

Fig. 1 The distribution of experimental treatment

### 1.3 项目测定

1.3.1 常规观测 墙体表面温湿度测定：每处理墙面中部安装温湿度记录仪(ZDR-11 型)；室内光照强度(GZ)测定：位于温室南北方向中部安装室内环境检测仪器(温室娃娃)，距墙 3.5 m，高 1.5 m。数据均为 10 min 自动记录 1 次。

1.3.2 加密观测 在 10:00~16:00 每隔 1 h，分别在每个处理内采用照度计(DT1301 型)进行水平和垂直方向光照强度测定，每测点在正点前后采用往返 2 次观测，取平均值。水平方向，每处理南北方向距后墙 1、2、3、4、5、6、7 m 处测定(1.5 m 高)；垂直方向，每处理南北方向中部离地 0.6、1.2、1.8、2.4、3.0 m 处测定。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 数据统计软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同张挂材料对室内环境的影响

2.1.1 不同张挂材料对室内光照强度的影响 从图 2 可以看出，3 种处理光照强度由北向南逐步升高，由

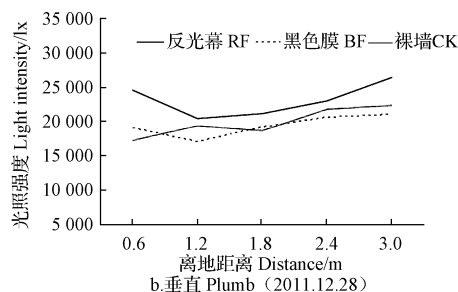
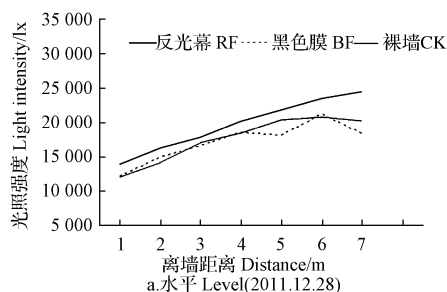


图 2 不同张挂材料对水平及垂直方向光照强度的影响

注：文中白天与夜间以揭放苫时间为界限，下同。试验数据为白天光照强度平均值。

Fig. 2 Effect of different hanging materials on level and plumb light intensity

Note: The transition point from daytime to nighttime was defined as the time of uncovering quilt, the same below. The experimental data was the average value of the light intensity in the daytime.

低往高逐渐增强。在水平方向平均光照强度反光幕区(19 703.4 lx) > 裸墙区(17 475.7 lx) > 黑色膜区(17 075.3 lx)。反光幕区光照强度分别高于黑色膜区15.4%, 高于裸墙区12.7%, 而黑色膜区则低于裸墙区2.4%; 垂直方向与水平方向情况相同, 反光幕区高于黑色膜区19.7%, 高于裸墙区17.0%, 黑色膜区低于裸墙区2.7%。

### 2.1.2 不同张挂材料对墙体表面温度日变化的影响

由图3可知, 无论晴、阴天, 墙体表面温度在揭苫后逐步

升高, 13:00 左右达到最高值, 之后逐渐下降。晴天, 白天墙体表面平均温度黑色膜区(29.4℃) > 裸墙区(26.9℃) > 反光幕区(17.1℃)。夜间, 墙体表面平均温度黑色膜区(16.9℃) > 裸墙区(15.5℃) > 反光幕区(13.8℃); 阴天, 不论白天与夜间裸墙温度最高, 黑色膜区次之, 反光幕区最低, 全天平均值分别为18.3、17.0、13.8℃。阴天情况下黑色膜区温度平均值低于裸墙区, 黑色膜只有在光照强度较好的情况下才能发挥作用。

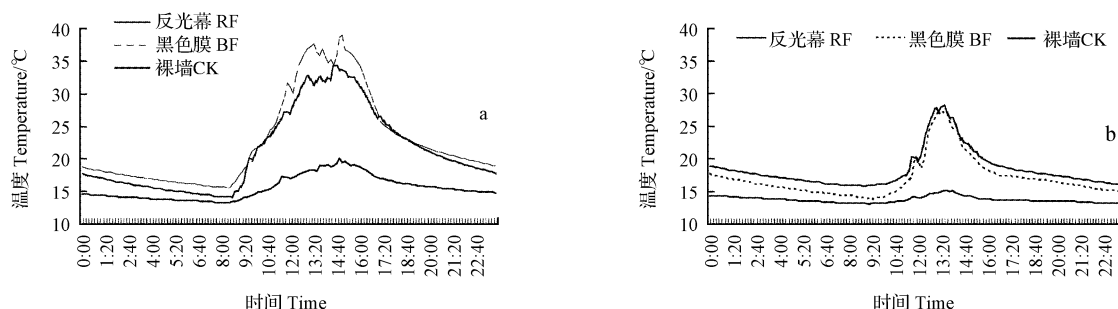


图3 不同张挂材料对墙体表面温度日变化的影响

注: a. 晴天(2011.11.13)8:20 揭苫, 17:00 闭帘; b. 阴天(2011.11.16)9:20 揭苫, 16:00 闭帘。下同。

Fig. 3 Effect of different hanging materials on daily variation of wall surface temperature

Note: a. Sunny day(2011.11.13) 8:20 Uncovering quilt, 17:00 Closing quilt; b. Cloudy day(2011.11.16) 9:20 uncovering quilt, 16:00 Closing quilt. The same below.

### 2.1.3 不同张挂材料对墙体表面湿度日变化的影响

由图4可知, 无论晴、阴天, 墙体表面相对湿度在揭苫后随着温度升高而降低, 13:00 左右达到最低值。晴天, 墙体表面平均湿度裸墙区(76.6%) > 黑色膜区(67.1%) > 反光幕区(60.3%); 阴天, 黑色膜区墙体表面平均湿度高于其它2组, 反光幕区在10:40~16:00 出现与晴天相同的降低了墙体湿度的效果, 但降低效果弱于晴天, 黑色膜区(84.2%) > 反光幕区(77.9%) > 裸墙区(73.8%)。

将图2~4 数据进行方差分析, 由表1 可知, 在不同处理下, 反光幕与裸墙、黑色膜光照强度差异显著, 裸墙与黑色膜之间差异不显著, 表明反光幕能显著提高室内水方向光照强度; 垂直方向与水平方向情况相同, 反光幕作用显著。晴天反光幕与黑色膜、裸墙墙体表面温度差异极显著, 这可能是由于反光幕的张挂降低了墙体表面的温度。阴天裸墙与反光幕、黑色膜温度差异极显著。晴、阴天3 种处理墙体表面湿度差异均极显著, 不同的张挂材料均对墙体表面湿度有影响。

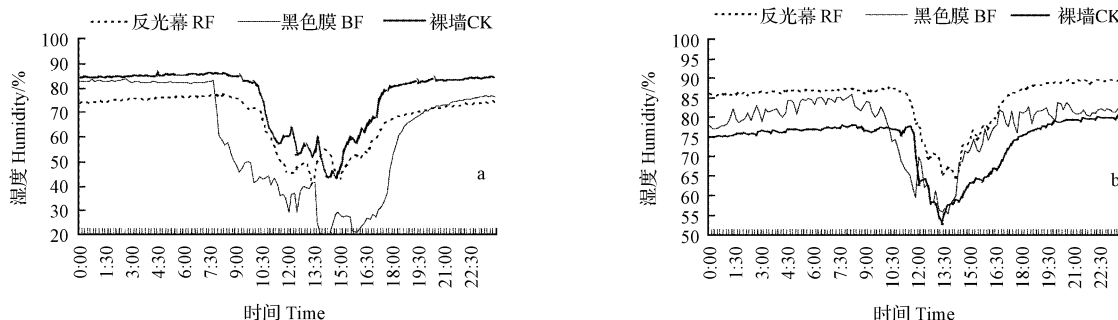


图4 不同张挂材料对墙体表面湿度日变化的影响

Fig. 4 Effect of different hanging materials on daily variation of wall surface humidity

表 1

不同处理下环境因子

Table 1

The environmental factors of different treatments

处理 Treatment	光照强度 Light intensity/lx		墙体表面温度 Temperature/℃		墙体表面湿度 Humidity/%	
	水平 Level	垂直 Plumb	晴天 Sunny day	阴天 Cloudy day	晴天 Sunny day	阴天 Cloudy day
反光幕(RF)	19 703.4±1 471.5aA	23 146.7±1 104.6aA	15.5±0.6bB	13.8±0.04aA	60.3±1.9aA	77.9±0.6aA
裸墙(CK)	17 475.7±1 283.5bB	19 780.0±966.8bAB	21.2±0.5aA	18.3±0.2bB	76.6±1.1bB	73.8±0.6bB
黑色膜(BF)	17 075.3±1 105.1bB	19 345.1±714.1bB	23.2±0.6aA	17.0±0.3cC	67.1±0.9cC	84.2±0.5cC

注:不同小写字母代表 0.05 水平下差异显著,不同大写字母代表 0.01 水平下差异显著,结果表示为:平均值±标准误。

Note: Different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level, different capital letters mean significant difference at 0.01 level, the result stands for Mean±SD.

## 2.2 不同张挂材料对温室季节性环境的影响

2.2.1 不同张挂材料对温室墙体表面温度的季节变化影响 由图 5 可知,10~12 月,随时间的推移,不同处理下墙体温度逐渐降低,尤其夜间规律明显。白天 14:00 墙体平均温度黑色膜区(29.6℃) > 裸墙区(27.7℃) > 反光

幕区(17.6℃),表明白天黑色膜能有效提高墙体表面温度,反光幕能降低墙体表面温度,白天墙体温度与光照强度的变化一致。凌晨 2:00 墙体平均温度黑色膜区(17.3℃) > 裸墙区(16.2℃) > 反光幕区(15.1℃),表明黑色膜增加了墙体的蓄热能力。

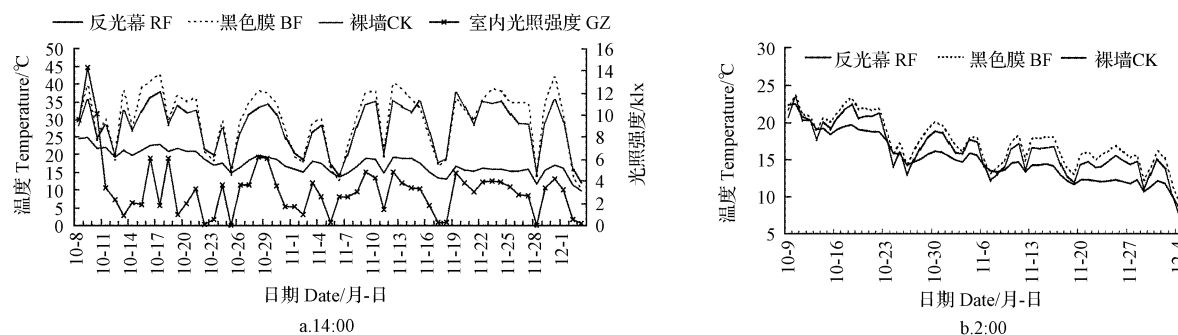


图 5 不同张挂材料对墙体温度的季节变化的影响

Fig. 5 Effect of different hanging materials on seasonal changed of wall temperature

## 2.2.2 不同张挂材料对墙体表面湿度的季节变化影响

由图 6 可知,在 10~12 月每天 14:00,黑色膜区、反光幕区、裸墙区墙体平均湿度分别为 77.5%、86.8%、54.9%,表明白天黑色膜与反光幕均能有效降低墙体表

面湿度且反光幕最为明显。凌晨 2:00,黑色膜区、反光幕区、裸墙区墙体平均湿度分别为 77.5%、86.8%、84.3%,这与白天墙体表面温度有关,随着温度升高相对湿度降低。

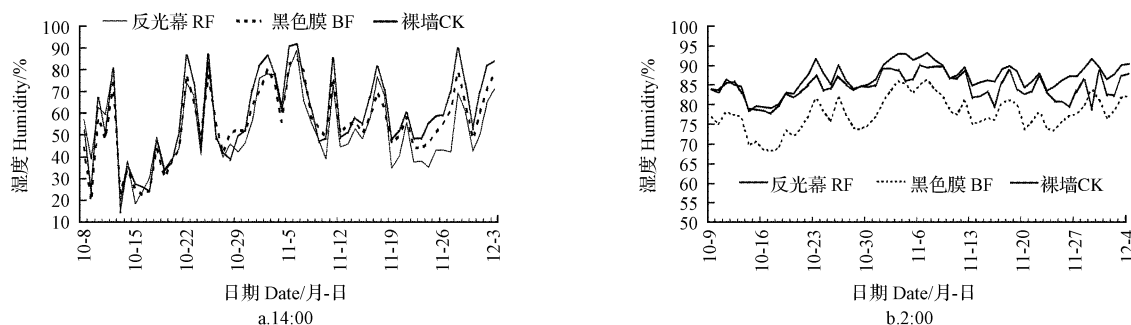


图 6 不同张挂材料对墙体湿度的季节变化的影响

Fig. 6 Effect of different hanging material on seasonal changed of wall humidity

## 3 结论与讨论

该试验结果表明,反光幕区室内水平方向光照强度最高,平均高于其它 2 个区 12.7%~15.4%。在垂直方向,与水平方向相似。表明反光幕可以显著增强室内光照强度。晴天,黑色膜区墙体表面温度最高,裸墙次之、

反光幕最低,均值分别为 23.2、21.2、15.5℃。阴天,裸墙最高,黑色膜次之,反光幕最低,分别为 18.3、17.0、13.8℃。表明张挂反光幕无论晴阴天都降低了墙体表面温度,而黑色膜只在晴天能有效提高墙体表面温度。晴天,裸墙区墙体表面平均湿度最高,为 76.6%,黑色膜



区次之,为 67.1%,反光幕区最低,为 60.3%。阴天,黑色膜区最高,为 84.2%,反光幕区次之,为 77.9%,裸墙区最低,为 73.8%。在白天和夜间典型时刻光照及温湿度季节变化中,进入冬季,墙体表面温度逐渐降低。总体以黑色膜区墙体表面平均温度最高,裸墙区次之、反光幕区最低。白天 14:00,裸墙区墙体表面平均湿度最高,黑色膜区次之,反光幕区最低,凌晨 2:00 则是反光幕区最高,裸墙区次之,黑色膜区最低。

综上,温室后墙张挂反光幕白天能增加室内光照,但夜间降低墙体表面温度;黑色膜能增加墙体表面温度,但白天降低室内光照强度,建议冬季 12~1 月,张挂黑色膜,提高冬季温度使作物安全越冬,阴天可张挂反光幕补光。试验过程中,黑色膜的增温效应没有达到预期值,可能由于夜间没有将材料收起,导致夜间墙体内部的热量不能及时释放,夜间收起材料是否更加有效还有待继续深入研究。温室后墙张挂反光幕或黑色膜各有利弊,如果能实现自动控制,建议在上午 9:00~11:00 张挂反光幕提高植物的光合作用,11:00~15:00 时在植物光合午休的高温时期更换黑色膜使墙体集中蓄热,15:00~16:00 时更换反光幕提高光照强度,16:00 时后收起反光幕。根据作物的喜好合理张挂材料,可以给作物创造良好的小气候环境,特别是在反季节栽培时,能提高作物品质及产量。

#### 参考文献

[1] 陈青云.日光温室的实践与理论[J].上海交通大学学报(农业科学

版),2008,26(5):343-350.

[2] 陈端生,郑海山,刘步洲.日光温室气象环境综合研究:I 墙体、覆盖物热效应研究初报[J].农业工程学报,1990,6(2):77-81.

[3] 佟国红,王铁良,白义奎,等.日光温室墙体传热特性研究[J].农业工程学报,2003,19(3):186-189.

[4] 李小芳,陈青云.墙体材料及其组合对日光温室墙体保温性能的影响[J].中国生态农业学报,2006,14(4):185-189.

[5] 马承伟,陆海,李睿,等.日光温室墙体传热的一维差分模型与数值模拟[J].农业工程学报,2010,26(6):231-235.

[6] 王谦,陈景玲,孙治强,等.冬季日光温室北墙内表面热流分析[J].中国农业气象,2010,31(2):225-229.

[7] 杨建军,邹志荣,张智,等.西北地区日光温室土墙厚度及其保温性的优化[J].农业工程学报,2009,25(8):180-185.

[8] 白青,张亚红,刘佳梅.日光温室土质墙体内部温度与室内气温的测定分析[J].西北农林学报,2009,18(6):332-337.

[9] 李建设,白青,张亚红.日光温室墙体与地面吸热放热量测定分析[J].农业工程学报,2010,26(4):231-236.

[10] 王冰亚.节能型日光温室张挂反光幕栽培茄子试验[J].中国蔬菜,1996(1):34-35.

[11] 蔡德存,吕毅,赵玉清.聚酯镀铝膜反光幕改善日光温室光照度的试验初报[J].中国农业气象,1994,15(1):41,45.

[12] 吴继忠.蔬菜温室垂挂反光幕增效显著[J].中国农业气象,1995,16(5):36-37.

[13] 陈白凤.农用反光幕在日光温室蔬菜生产上的应用[J].山西农业科学,2009,37(5):53-55.

[14] 王静,崔庆法,林茂兹,等.不同温室光环境及补光研究[J].农业工程学报,2002,18(4):86-89.

[15] 张利华,张永强,张仁祖,等.日光温室反光幕悬挂角度的研究[J].江西农业学报,2010,22(6):160-161.

## Effect of Different Materials Hanging on Environment Factors in Solar Greenhouse

WEI Feng,JIANG Li,BAI Qing,ZHANG Ya-hong

(College of Agriculture,Ningxia University,Yinchuan,Ningxia 750021)

**Abstract:** Taking the solar greenhouse located in the Helan Gardening Park of Ningxia as research object,using the bare backwall in the solar greenhouse as CK,the effect of backwall coverage materials,namely reflective screen and black film,in the indoor environment factors including light intensity,temperature of wall surface and humidity were studied and thus provided a theoretical basis for the adjustment in solar greenhouse. The results showed that the light on the reflective screen in the horizontal direction had displayed the highest level of intensity which was about 12.7 % to 15.4 % stronger than the other two areas on average,which also applied to the vertical direction. What was more,the temperature of wall surface with black film on sunny days was the highest and also 1.6 to 7.2℃ higher than that of the other two areas. On cloudy days,the temperature of bare wall surface was the highest and also 1.3 to 4.5℃ higher than that of the other two areas. On sunny days,the average humidity of bare wall surface was the highest and also 9.5 % to 16.3 % higher than the other two areas. On cloudy days,the average humidity of wall surface with black film was 6.3 % to 10.4 % higher than the other two regions. On the whole,the temperature of the wall surface in different treatments will fall gradually in winter,especially in the nighttime. In addition,the temperature of the wall surface with black film was always higher than that of the other two areas.

**Key words:** solar greenhouse;reflective film;black film;environment