

# 日光温室的温度变化规律研究

欧亚丽, 伊宏伟, 姜 丽

(邢台职业技术学院 艺术系, 河北 邢台 054035)

**摘 要:**以西北农林科技大学园艺学院园艺场的西农拱圆型节能日光温室(西农 GJ-7 型)为研究对象,在冬、春季对室内外不同高度和不同水平位置的气温、地温进行了定时连续多点测定与分析,研究气温、地温的日变化规律及垂直分布和水平分布的动态分布变化情况。结果表明:无论是冬季还是春季室内温度在水平方向上东西、南北方向上的差异不大;而在垂直分布上,冬季室内东部地表以上的温度明显低于中西部;冬季室内温度明显高于室外,室内温度随着室外温度的变化而变化,并且在日出以后室内升温速度明显高于室外;至下午 14:00 左右达到最高温,之后开始缓慢下降,室内温度下降速度较室外略快;而春季则与之相反。

**关键词:**节能日光温室;温度;比较;水平分布;垂直分布

**中图分类号:**S 625.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0037-05

近年来,我国设施园艺发展迅速,其中节能日光温室发展最快,截至 1997 年,全国节能日光温室已经扩大到 14.13 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1-3]</sup>。为了使节能日光温室更好地在园艺生产中发挥应有的作用,一些科技人员对其进行了建筑、环境和生产应用等方面的研究,取得了许多成果,但目前还不够全面系统。现以西北农林科技大学园艺学院园艺场的西农拱圆型节能日光温室(西农 GJ-7 型)为研究对象,在冬、春季对室内外不同高度和不同水平位置的气温、地温进行定时连续多点测定与分析,研究气温、地温的日变化规律及垂直分布和水平分布的动态分布变化规律,以期对日光温室温度管理、实际果蔬生产指导和更好发挥日光温室的效应提供科学依据<sup>[4]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

杨凌是中华农耕文明的发祥地,位于陕西关中平原中部,东距西安市 82 km,西距宝鸡 86 km,面积 94  $\text{km}^2$ ,下辖县级杨陵区,总人口 16 万,城市人口 8 万人。属大陆性暖温带季风气候,北纬 34°、东经 108°,海拔 418~540 m,年平均降水量 637.6 mm,年平均蒸发量 884 mm,年平均温度 12.9℃,极端最高气温 42℃,最低气温 -19.4℃,全年无霜期 221 d。年日照时数 2 038 h,年日照百分率 46%,12 月份日照时数 132 h,日照百分率 44%;1 月份日照时数 141 h,日照百分率 45%;2 月份日照时数 126 h,日照百分率 41%<sup>[5]</sup>。

### 1.2 试验材料

供试温室为西北农林科技大学园艺学院园艺场的西农拱圆型节能日光温室(西农 GJ-7 型),温室东西走向,长 51 m,跨度 8 m,脊高 3.6 m,山墙厚 60 cm,后墙厚 50 cm,后墙布置 15 个通风口,面积为 30 cm×30 cm,离地面高度为 110 cm。日光温室骨架为镀锌钢拱架,覆盖无滴聚乙烯薄膜,冬天外覆盖复合保温被,后墙内夹保温层<sup>[6-7]</sup>。温室内种植番茄,株高 135 cm。保温被每天 8:30 揭开,下午 17:30 盖严。冬季通风时间为 11:30~14:30,通风方式为前屋面扒缝通风;夏季的通风时间为 7:30~18:30,通风方式为前屋面扒缝通风和后墙通风口开启通风。

### 1.3 试验方法

试验共设 10 个观测点,室内均匀分布 9 个(图 1),在距离温室 20 m 的空旷地带设 1 个室外观测点。各观测点在垂直方向上分别设 100、50、20 cm 和地表 0、-5、-10 cm 6 个测量高度<sup>[8-9]</sup>。从 2007 年 1 月 9~16 日和

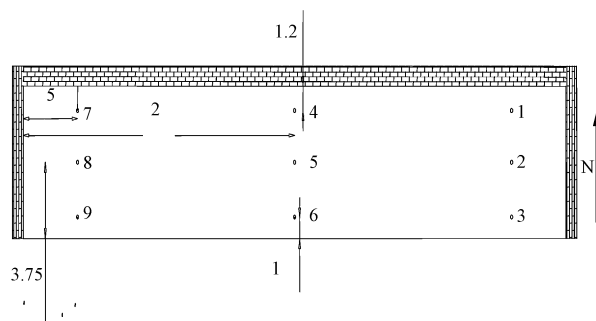


图 1 日光温室室内观测点的水平分布

Fig. 1 Horizontal distribution of inside observation spots in solar greenhouse

**第一作者简介:**欧亚丽(1978-),女,陕西宝鸡人,讲师,现主要从事园林景观等研究工作。E-mail:23239299@qq.com.

**收稿日期:**2013-11-04

2007年5月17~21日连续测量早上8:00至晚18:00的温度。观测前均将所用温度计分别置于0、15、20、25℃下进行校正,选择误差在0.2℃内的温度计作试验观测用。温、湿度自记钟在校正后,装好记录纸,上好墨水,放入温室中记录温度和湿度,用二氧化碳测定仪测量二氧化碳浓度。在8:00~18:00测量晴天室内外的风速。试验数据每隔2h记录1次。

1.3.1 日光温室室内温度日变化规律 在冬、春季节,选择晴天对每天不同时刻、不同高度水平室内所有测量点的温度数据求平均值,即可得到每天不同时刻、不同水平高度的室内温度<sup>[10-11]</sup>;同法对室外所有高度的温度求平均值,即室外温度,最后分别分析日光温室室内晴天温度的日变化情况<sup>[12]</sup>。

1.3.2 日光温室室内温度的水平分布规律 根据图1可知,观测点1~3号为东测点,4~6号为中测点,7~9号为西测点;1、4、7号为北观测点,3、6、9号为南测点,2、5、8号位于温室的中轴线上。对1~3、4~6和7~9号点观测值分别求平均值,为温室室内温度东西分布情况;将1、4、7号,2、5、8号和3、6、9号点观测值求平均值,为温室室内温度南北分布情况。

1.3.3 日光温室室内温度的垂直分布规律 日光温室室内温度的垂直分布规律与水平分布相似<sup>[12]</sup>。

1.3.4 日光温室室内温度与室外温度的比较 分别将日光温室各时刻的室内外温度数据取平均值,然后分析比较室内外温度的关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 日光温室室内冬春季温度日变化规律

从图2可以看出,无论是气温还是地温,春季明显高于冬季,均呈单峰型<sup>[13-14]</sup>。冬季的气温变化幅度相对最大,原因是冬季太阳辐射强度变化较大,且在临近中午室内温度较高时还开了扒缝通风口进行通风,以及人在里面的活动等。冬季气温的升温速度比春季的快,可能是由于温室夜间具有保温性,使得室内的温度均处于

较高的状态,春季本来温度就相对较高,而冬季夜间的温度很低,有时甚至在0℃以下,所以冬季的室内外温差要大于春季。在冬季早上揭开草帘的瞬间,室内温度会骤然下降,处于一个较低的水平,而春季室内温度在揭开草帘之后的变化不大,仍处于一个较高的水平。故气温刚开始所处的基点不一样,处于较低温度水平的升高快,故其变化幅度大。冬春季地温变化相一致,只是冬季在早上10:00时,温度会出现一个小的下降,其原因可能是此时刚好揭开保温被,地表最先受到外界低温的影响所致<sup>[15]</sup>。

### 2.2 日光温室室内温度水平分布规律

2.2.1 日光温室室内温度东西方向水平分布规律 从图3可以看出,温室内东西水平方向上气温、地温差异不大,二者均呈单峰型分布。日出之后二者温度均逐渐上升,直至12:00~14:00达到全天中的最高温度。地温明显低于气温,且随着气温的变化而变化,变化幅度小于气温。原因是土壤具有一定的保温性,而地表由于受到诸多外界因素的影响,所以其变化较大。地温东西除了0cm高度变化幅度较大外,-5、-10cm高度变化均比较平稳,并且在0cm高度均是西侧的温度较高,因为西侧有山墙,白天接收了大量的太阳辐射后释放出大量的热量,而相比之下东部和中部离门口近,容易散发热量<sup>[16-17]</sup>。

2.2.2 日光温室室内温度南北方向水平分布规律 从图4可以看出,温室内南北水平气温和地温均呈单峰型分布,除了一5、-10cm高度变化不明显外,其余的均有明显的增减变化,且均在日出后温度迅速升高,在12:00~14:00达到最高温度,之后开始下降直至到达某个平稳状态。其中升温速度明显高于降温速度,说明温室具有一定的保温性<sup>[18]</sup>。无论是气温还是地温,普遍都是南侧的温度较高,主要是因为南侧靠近温室覆盖有薄膜的前端,能充分接收太阳辐射,获得较多的热量。但仅0cm高度在某些时刻是中部的温度高于南侧,其原因可能是本来相比南北侧之下离扒缝通风口及后墙的通风窗口就远,再加上又是处于地表,故相对而言就更远了,此外土壤中的水分大量蒸发出来及作物大量的蒸腾作用,导致地表聚集了大量的热量,故其温度快速上升<sup>[19]</sup>。

### 2.3 日光温室室内温度垂直分布规律

从图5可以看出,温室内东西方向上气温和地温的变化相一致,差异不大,说明该温室室内温度分布较均匀。西侧0cm高度的温度最高,原因是离西边的山墙近,能吸取不少热量,东部和中部由于近隔壁的操作间,再加上人的进进出出、门口的开关使热量容易带走。垂直方向上来看,地温是呈递减状态,气温除了东侧之外,也是递减的状态。且地温变化的幅度大于气温,因为土壤温度刚开始升高时,地面又覆盖着地膜,所以地温会

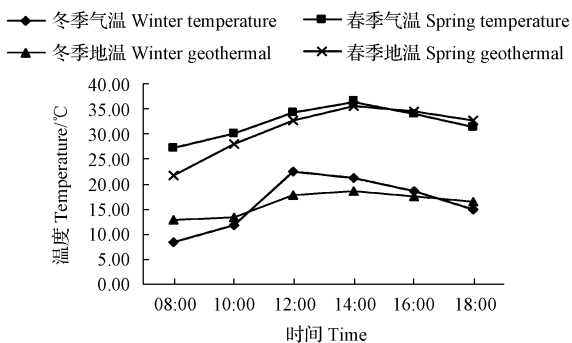


图2 日光温室室内冬春季温度日变化规律

Fig.2 Diurnal variation regulation of room temperature in winter and spring in solar greenhouse

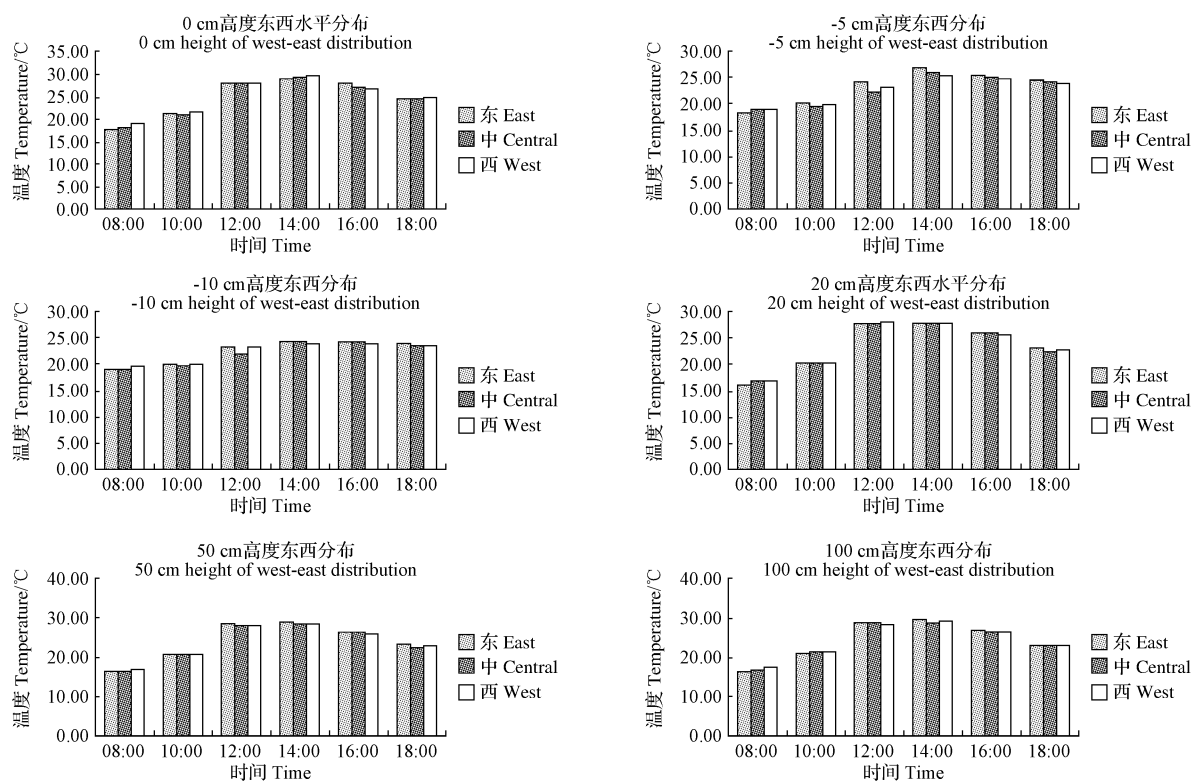


图3 日光温室室内温度的东西方向分布规律

Fig. 3 The distribution regulation of inside temperature in west-east direction in solar greenhouse

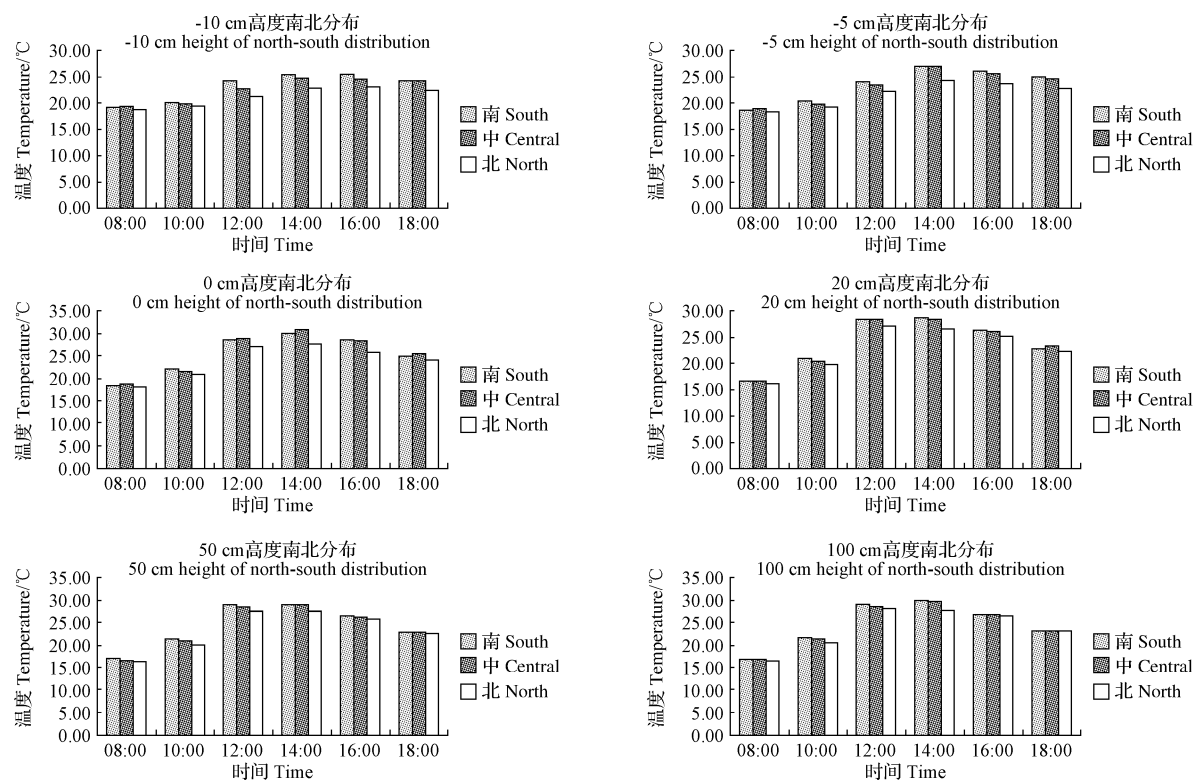


图4 日光温室室内温度的南北方向分布规律

Fig. 4 The distribution regulation of inside temperature in north-south direction in solar greenhouse



显著升高,当土壤中的水蒸气凝结在薄膜上后,逐渐冷却成水滴,从而可以适度的降低地温。特别是西侧其温度变化的幅度最大,究其原因可能是受太阳高度角和外界风速的影响,使西侧山墙自身热量的变化大<sup>[20-21]</sup>。

从图 5 还可以看出,温室内北部的温度显著低于中部和南部,原因是北部的棚顶上的覆盖物没有被揭开,阻挡了太阳辐射的射入,另外就是在扒缝通风口和北部离后墙的通风窗口同时开启的情况下,北部离后墙的通风窗口近。南部和中部的温度变化较北部的幅度小,可能是由于西侧热环境情况比较复杂,扒缝口及通风窗口

的开启导致温室进风,或是西侧山墙不断辐射出热量。垂直方向上看,地温是由 0 cm 高度至 -10 cm 高度递减,而气温只是西侧的递减,南侧和中部都是从上至下先增后减,其主要原因可能是太阳高度角的原因,使 50 cm 高度水平这个位置能获得相对较多的太阳辐射,还有就是地面在受到太阳辐射之后会释放出大量的热量,随着室内热压的升高,容易使较多的热空气聚集在 50 cm 高度位置。20 cm 高度位置易因为所栽植株而被遮荫,故其温度相对偏低。

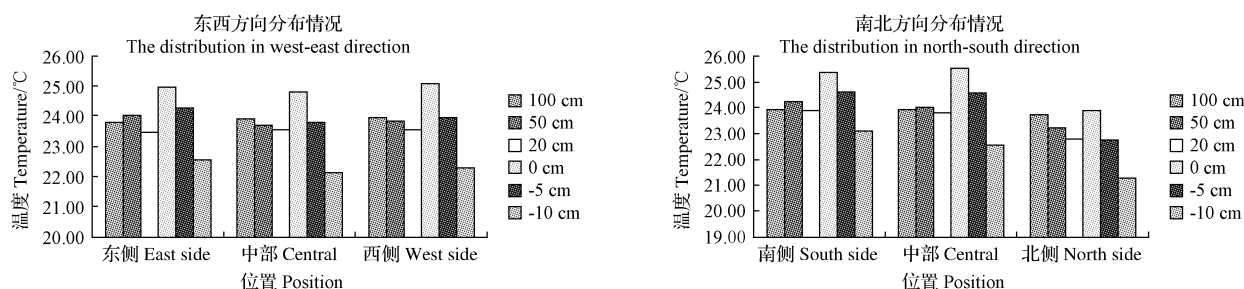


图 5 日光温室室内温度的垂直分布规律

Fig. 5 The distribution regulation of inside temperature in vertical direction in solar greenhouse

#### 2.4 日光温室室内温度与室外温度的比较

从图 6 可以看出,无论是气温还是地温,室内的温度均显著高于室外,说明温室具有一定的保温性,且均呈单峰型分布,变化较平缓。室内气温的升温、降温速度均大于其地温及室外的温度、地温,原因是室内气温的变化会受到很多因素的影响,例如外界环境的变化、覆盖物的揭拉、通风口的打开和人的活动等。

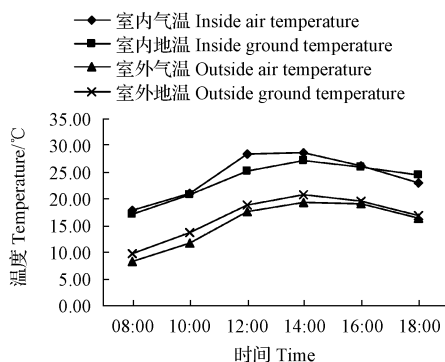


图 6 日光温室室内温度与室外温度的比较

Fig. 6 Comparison of outside and inside temperature in solar greenhouse

### 3 结论与讨论

该试验结果表明,日光温室冬春季的日变化均呈单峰型分布,这主要是因为是在揭开保温覆盖物后,随着太阳高度角的变化,温室内部获得的太阳辐射逐渐增大,在 12:00~14:00 时达到一天中的最高温度,之后随着太

阳光照强度的下降,再加上温室具有一定的保温作用,故温室内的温度稳定的下降。但冬季气温变化的幅度较大,其原因可能是受到扒缝口进行通风的影响。温度在温室内水平、垂直方向上,东西方向上分布差异不大,但呈现出南高北低的分布特点,表明北部的棚顶上的覆盖物没有被揭开,阻挡了太阳辐射的射入;北墙没有较好的蓄热能力,但其上的通风窗口对降低室内高温现象具有明显的作用,在室内气温较高时,可以将热量往外排放,以维持温室一定的温度,避免作物因为蒸腾过旺而脱水死亡。表明了温室进行扒缝及后墙通风窗口的开启放风对室内温度有一定的影响,要有效提高或降低温室内部的温度,必须注意控制通风窗口及扒缝通风口的大小及开启时间。温室内表层土温变化较大,而 -5、-10 cm 深层土温变化小,而且始终低于上层土温,说明表层土壤有一定蓄热作用,而 20 cm 深层土壤一直在消耗热量,因此,如果温室进行浅根作物栽培或育苗时,可以考虑采取土壤隔热保温措施,减少热量向作物根际以下土壤传导而造成热量浪费<sup>[22-23]</sup>。室内无论气温还是地温均明显高于室外,说明温室具有保温的性能。此外室内的气温增温速度均显著的大于室内地温、室外气温和地温,说明温室的薄膜具有很好的透光率,能使较多的太阳光线射入室内。但同时室内气温的降温速度也大于其它,说明该温室下午的保温性不好,可能是因为扒缝口及后墙通风窗口的开启通风,影响了西侧山墙及后墙的蓄热性能,使得室内的热量被大量的排放出去。

## 参考文献

- [1] 齐志广. 塑料温室生态环境调控技术的研究[J]. 生态农业研究, 1997, 5(2): 57-60.
- [2] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 32-39.
- [3] 陈端生. 中国节能日光温室建造与环境研究进展[J]. 农业工程学报, 1994, 10(1): 123-127.
- [4] 马占元. 塑料温室生产实用技术大全[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1997.
- [5] 张真和, 李建伟. 我国设施蔬菜产业的发展态势及可持续发展对策探讨[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 4-8.
- [6] 聂和民. 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.
- [7] 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.
- [8] 张福坝. 设施园艺学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001: 65-69.
- [9] 安志信, 张福漫, 陈端生, 等. 蔬菜栽培节能日光温室的建造及栽培技术[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1994: 1-8.
- [10] 李天来, 何莉莉, 印东生. 日光温室和大棚蔬菜栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 2-6.
- [11] 孙治强, 张绍文. 日光温室建造与蔬菜栽培[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994: 33-38.
- [12] 张福坝. 设施园艺学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001: 65-69.
- [13] 安志信, 张福漫, 陈端生, 等. 蔬菜栽培节能日光温室的建造及栽培技术[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1994: 1-8.
- [14] 陈端生. 我国温室气候环境研究进展[J]. 农业工程学报, 2002(增刊): 53-56.
- [15] 李军, 杨世宏. 日光温室保温墙体的厚度与成本概算[J]. 宁夏农业科技, 2002(4): 28-29.
- [16] Kozai T, Goudriaan J, Kimura M. Light transmission and photosynthesis in greenhouses [J]. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1978, 99: 48-54.
- [17] Criten D L. An improved theory for reflective losses from infinitely long greenhouses[J]. J Agric Engng Res, 1987, 38(4): 301-311.
- [18] Critten D L. Light transmission losses due to structural members in multispans under direct light conditions[J]. J Agric Engng Res, 1987, 38(3): 209-215.
- [19] Criten D L. The evaluation of a computer model to calculate the daily light integral and transmissivity of a greenhouse[J]. J Aric Engng Res, 1983, 28(6): 545-563.
- [20] Critten D L. Light transmission losses due to structural members in multispans greenhouses under diffuse skylight conditions[J]. J Agnc Engng-hs, 1987, 38(3): 193-207.
- [21] Crtien D L. A theoretical assessment of transmissivity of conventional symmetric roofed multispans E-W greenhouses compared with vertical south roofed greenhouses under natural irradiance conditions[J]. J Agric Engng Res, 1987, 32: 173-183.
- [22] Kurata K, Quan Z, Nunomura O. Optimal shapes of parallel East-West oriented single-span tunnels with respect to direct light transmissivity[J]. J Agric Engi Res, 1991, 48: 89-100.
- [23] Kurata K. Potentialities of Agricultural Engineering in Rural Development[C]//Proceeding of Internal Symposium on Agricultural Engineering (1989-ISA), vol. II International Academic Publishers, 1989: 679-683.

## Study on Temperature Change Regular of Solar Greenhouse

OU Ya-li, YI Hong-wei, JIANG Li

(Department of Art, Xingtai Polytechnic College, Xingtai, Hebei 054035)

**Abstract:** Taking Xinong arch circular energy-saving solar greenhouse in College of Horticulture Garden of the Northwest Agriculture and Forestry University (Xinong GJ-7) as the research object, in the winter and spring, different heights and different levels of inside and outside air temperature, ground temperature continuous multipoint and timing analysis, the diurnal variation of air temperature, ground temperature and vertical distribution and horizontal distribution of the dynamic change of the distribution were studied. The results showed that there was little difference in horizontal direction and latitudinal direction both in winter and spring inside temperature; and on the vertical distribution, winter inside east surface above the temperature was lower than that of the mid-west. Winter inside temperature significantly higher than the outside and inside temperature changes with the change of outside temperature. Inside temperature was significantly higher than the outside temperature after sunrise. The highest temperature was around 14:00 in afternoon, and then began to decline slowly, inside temperature decline faster than outside slightly. While the spring by contrast,

**Key words:** energy-saving solar greenhouse; temperature; comparison; horizontal distribution; vertical distribution