

## 黑龙江省日光温室小气候变化规律分析

吕佳佳,王 萍,王秋京,王晨轶,宫丽娟  
(黑龙江省气象科学研究所,黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为了解黑龙江省4~7月日光温室的小气候变化规律,于黑龙江省双城市公正乡的日光温室内进行小气候观测试验,以棚内外气温、地温及空气相对湿度的日变化及月变化为研究重点,分析其变化规律。结果表明:4~7月日光温室的总体增温效果显著,但增温效果在逐月减弱,4月下旬平均7.2℃,5月份平均6.7℃、6月份平均2.0℃,7月份平均1.9℃。4~7月棚内气温日最低值出现在5:00~6:00,12:00~13:00达最大值,16:00后开始下降。4月下旬10 cm地温平均增温9.5℃,5月份平均5.9℃,6月份平均-3.5℃,7月份平均-2.4℃。与棚内外气温日变化趋势相比,棚内外的10 cm地温的日变化幅度小,速度慢。4~7月份棚内10 cm地温日最低值出现在8:00~10:00,最高值在16:00~22:00,22:00开始缓慢下降。4~7月棚内空气相对湿度增加也比较显著,但湿度增加效果在逐月减弱。

**关键词:**黑龙江省;塑料大棚;小气候

**中图分类号:**S625

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2012)12-0073-06

黑龙江省位于我国东北部,是我国纬度最高和最东部的省份,气候变率大,属“气候脆弱区”。特别是热量资源不足,农作物生长期短,活动积温少,易出现倒春寒、夏季低温冷害和早霜冻<sup>[1-2]</sup>。蔬菜大棚是人为改变小气候,改善作物光、温、湿条件,满足作物需求,促进作物生长发育,从而获得优质高产的农业技术措施<sup>[3]</sup>。然而,农户建立

的单栋塑料大棚空间小,不能充分发挥果菜作物的增产潜力,其抗波动能力也较差<sup>[4]</sup>,难以实现规模化生产。日光温室的大规模建立可以有效缓解黑龙江省冬春季蔬菜供应问题,是实现优质、高产、高效农业的有效途径之一。大棚蔬菜生产与气象条件有着密不可分的关系,日光温室内气温、地温及空气相对湿度等小气候条件对蔬菜的生长发育有着显著影响。杨艳超等<sup>[5]</sup>于山东莱芜进行了温室内小气候观测试验,揭示了冬春季该地区日光温室内气温的变化规律。魏瑞江等<sup>[6]</sup>研究了石家庄地区日光温室冬季小气候特征及其与大气气候的关系。高江林和李灵芝<sup>[7]</sup>对晋中地区节能日

**收稿日期:**2012-09-17

**基金项目:**公益性行业(气象)科研专项经费资助项目(GY-HY201206024)

**第一作者简介:**吕佳佳(1983-),女,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,工程师,从事农业气象方面研究。E-mail:freelvjia@163.com。

## Discussion on Relationship between Three Kinds of Parasitic Disease Outbreaks of Large Yellow Croaker and the Water Temperature

HUANG Wei-qing<sup>1</sup>, WANG Nan-nan<sup>2</sup>

(1. Ningde Fufa Fishery Company Limited, Ningde, Fujian 352103; 2. Department of Bioengineering of Ningde Normal University, Ningde, Fujian 352103)

**Abstract:** In order to prevent large yellow croaker infecting with the parasite disease, the water temperature and parasite infestation in large yellow croaker culture area was surveyed in Sandu Bay, Ningde. The results showed that natural infection of *Petalosoma* occurred when water temperature ranged from 23.0 to 27.4℃, lower than 23.0℃ or higher than 27.4℃ couldn't occur the disease. Different from the former years, *Cryptocaryon* erupted in the end of August, and the water temperature was between 27.2 and 28.8℃. When *Benedenia* infected, the water temperature was higher than the former years, ranged from 27.2 to 28.5℃, and seriously when the water temperature ranged from 28.2 to 28.5℃, and the infestation had a downtrend with the declining of water temperature.

**Key words:** large yellow croaker; water temperature; parasites

光温室内的光照和温度特性进行了研究。马成芝等<sup>[8]</sup>对喀左日光温室大棚棚内气温变化规律及影响因子进行了分析。然而,揭示黑龙江省冬春季蔬菜大棚小气候规律的研究较少,沈能展等<sup>[9]</sup>对不同类型节能日光温室冬季光温进行了系统观测与对比分析;于盛楠等<sup>[10]</sup>选取了佳木斯城郊的农户进行了大棚内气温、湿度和光强的观测研究。但对于黑龙江省规模化的日光温室的小气候规律分析尚未见报道。为此,探寻黑龙江省日光温室的小气候变化规律,为大棚蔬菜的生产管理提供理论依据,从而提出更加科学有效的生产管理措施,对于实现黑龙江省春季大棚蔬菜的高产和稳产具有十分积极意义。

## 1 资料与方法

试验于 2012 年 4 月 20 日至 7 月 31 日在黑龙江省双城市公正乡( $E126^{\circ}14'$ ,  $N45^{\circ}18'$ , 海拔高度 164 m)的日光温室大棚内进行。大棚为连栋,采用取暖锅炉供暖,主要的供暖时间段为 11 月至 3 月末。大棚后墙体厚约 50 cm,内置 9 孔空心砖,白天温度可达  $50^{\circ}\text{C}$ ,通风方式为上通风。棚的角度为  $36^{\circ}$ 。大棚上面覆盖物为棉被。作物品种为黄瓜(水果黄瓜)、生菜(速生大叶)。现以 4~7 月棚内外气温以及棚内外的 10 cm 地温为研究重点,用小气候观测仪测定大棚内 1.0 m 的空气温度、地温(5、10、15、20 和 30 cm)、土壤湿度(5、10、15、20 和 30 cm)、风速、风向、2 min 风速、10 min 风速、总辐射、光合辐射。于观测期内的每日逐时测定,同时在棚外邻近区域开展对比观测。

## 2 结果分析

### 2.1 温室内外气温的日变化及其比较

研究期内,不同月份温室的增温效果显著不同,4 月下旬平均为  $7.2^{\circ}\text{C}$ 、5 月份平均为  $6.7^{\circ}\text{C}$ 、6 月份平均只有  $2.0^{\circ}\text{C}$ ,7 月份平均仅为  $1.9^{\circ}\text{C}$ 。图 1~图 4 分别为 2011 年 4~7 月棚内气温、棚外气温、棚内 10 cm 地温、棚外 10 cm 地温的日逐时变化图。图 5 为 4~7 月棚内气温日变化。由图可见,5、6、7 月棚内气温最低值均出现在每日 5:00,4 月下旬棚内气温最低值出现在 5:00~6:00;4、5、6、7 月棚外气温最低值出现在每日 4:00。日出后棚内外温度随太阳辐射的增加而迅速升高,但由于日光温室的聚热增温作用,棚内升温速度高于棚外,4 月下旬及 7 月棚内气温在 13:00 达到

最大值,5、6 月份正午 12:00 达到最大值,4、5、6、7 月棚外午后 14:00 达到最大值。随太阳辐射的迅速减弱,16:00 后棚内气温开始以较快的速度下降,17:00 后棚外气温下降速度也加快,20:00 开始棚内外气温下降趋于缓慢,至次日最低值。

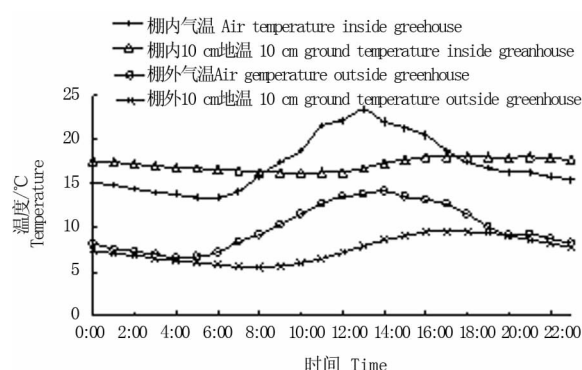


图 1 4 月棚内与棚外气温和地温日变化

Fig. 1 The variation of air temperature and 10 cm ground temperature inside and outside greenhouse in April

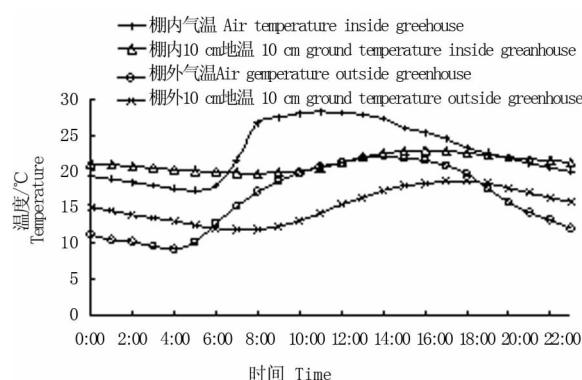


图 2 5 月棚内与棚外气温和地温日变化

Fig. 2 The variation of air temperature and 10 cm ground temperature inside and outside greenhouse in May

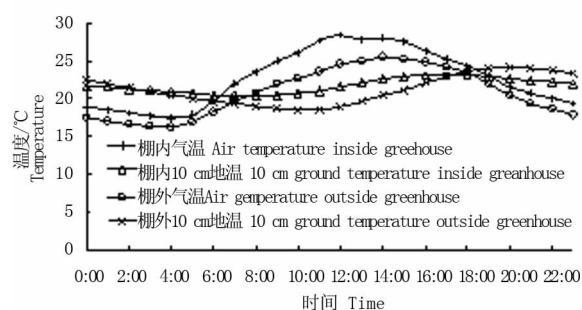


图 3 6 月棚内与棚外气温和地温日变化

Fig. 3 The variation of air temperature and 10 cm ground temperature inside and outside greenhouse in June

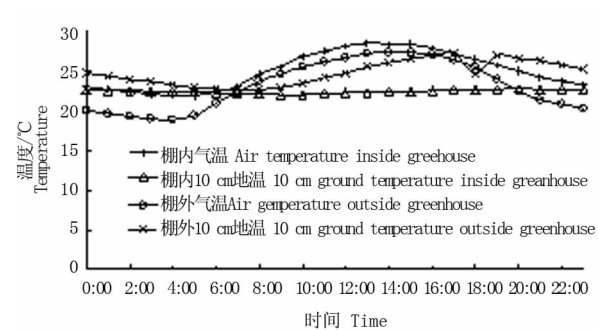


图 4 7 月棚内与棚外气温和地温日变化  
Fig. 4 The variation of air temperature and 10 cm ground temperature inside and outside greenhouse in July

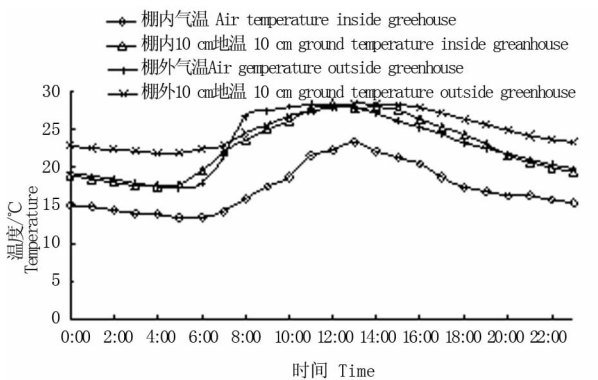


图 5 2012 年 4~7 月棚内气温日变化  
Fig. 5 The variation of inside greendouse temperature during April to July in 2012

结合图 1~图 4 与表 1,4 月下旬全天内棚内温度比棚外气温高 5.8~9.5℃,棚内日平均温度 17.2℃,棚外日平均温度 10.0℃,平均增温 7.2℃;棚内的气温变化幅度高于棚外,棚内气温日较差为 9.8℃,棚外气温日较差为 7.5℃。5 月份全天内棚内温度比棚外高 3.7~9.6℃,棚内日

平均温度 22.8℃,棚外日平均温度 16.1℃,日平均增温 6.7℃;棚内的气温变化幅度低于棚外,棚内气温日较差为 11℃,棚外气温日较差为 12.8℃。6 月份全天内棚内温度比棚外高 0.9~4.1℃,棚内日平均温度为 22.7℃,棚外日平均温度为 20.7℃,日平均增温 2.0℃;棚外的气温变化幅度高于棚内,棚内气温日较差为 10.9℃,棚外气温日较差为 9.3℃。7 月份全天内棚内温度比棚外高 0.7~3.2℃,棚内日平均温度为 25℃,棚外日平均温度为 23.1℃,日平均增温 1.9℃;棚内的气温变化幅度低于棚外,棚内气温日较差为 6.6℃,棚外气温日较差为 8.5℃。4 月 20 日至 7 月 31 日棚内日平均温度为 21.9℃,棚外日平均温度为 17.5℃,观测期内日平均增温 4.4℃。

2.2 棚内外地温的日变化及其比较

研究期内,不同月份日光温室内地温的增温效果明显不同,以 10 cm 地温为例,4 月下旬平均增温 9.5℃,5 月份平均增温 5.9℃,6 月份平均增温 -3.5℃,7 月份平均增温 -2.4℃。由图 1~图 4 可见,棚内外的 10 cm 地温的日变化与气温日变化趋势存在明显差异,地温变化幅度小,速度慢。4、5、6、7 月份棚内 10 cm 地温的最低值均出现在 8:00~10:00,最高值维持在 16:00~22:00,自 22:00 地温开始缓慢下降;4 月下旬、5 月份及 7 月份棚外 10 cm 地温最低值出现在 7:00~8:00,6 月份最低值出现在 10:00,4、5、6、7 月份棚外 10 cm 地温最高值在 16:00~20:00,自 20:00 地温开始缓慢下降。4 月下旬全天内棚内 10 cm 地温比棚外高 8.5~10.9℃,棚内 10 cm 日平均地温 17.2℃,棚外 10 cm 日平均地温 7.7℃,平均增

表 1 日光温室总体增温效应

Table 1 The warming effect of greenhouse during April to July

月份 Month	日平均温度/℃ Daily average temperature			日最低温度/℃ Daily lowest temperature			日最高温度/℃ Daily highest temperature		
	棚内 1.0 m 1.0 m inside greenhouse	棚外 1.5 m 1.5 m outside greenhouse	增温 Increase- ment	棚内 1.0 m 1.0 m inside greenhouse	棚外 1.5 m 1.5 m outside greenhouse	增温 Increase- ment	棚内 1.0 m 1.0 m inside greenhouse	棚外 1.5 m 1.5 m outside greenhouse	增温 Increase- ment
4	17.2	10.0	7.2	13.5	6.6	6.9	23.3	14.1	9.2
5	22.8	16.1	6.7	17.3	9.2	8.1	28.3	22.0	6.3
6	22.7	20.7	2.0	17.5	16.2	1.3	28.4	25.5	2.9
7	25.0	23.1	1.9	21.8	18.8	3.0	28.4	27.3	1.1
平均 Average	21.9	17.5	4.4	17.5	12.7	4.8	27.1	22.2	4.9

温 9.5℃;4 月棚内的 10 cm 地温变化幅度低于棚外,棚内 10 cm 地温的日较差为 1.9℃,棚外 10 cm 地温的日较差为 4℃。5 月份全天内棚内 10 cm 地温比棚外高 3.9~7.8℃,棚内 10 cm 日平均地温 21.1℃,棚外 10 cm 日平均地温 15.2℃,平均增温 5.9℃;5 月份棚内 10 cm 地温的日较差为 3.3℃,棚外 10 cm 地温的日较差为 6.6℃。6 月份全天内棚内 10 cm 地温比棚外高 1.6~2.6℃,棚内 10 cm 日平均地温 21.7℃,棚外 10 cm 日平均地温 25.2℃,平均增温 3.5℃;6 月份棚内 10 cm 地温的日较差为 2.7℃,棚外 10 cm 地温的日较差为 5.7℃。7 月份全天内棚内 10 cm 地温比棚外高 4.5~0.4℃,棚内 10 cm 日平均地温 22.4℃,棚外 10 cm 日平均地温 24.8℃,平均增温 2.4℃;7 月份棚内 10 cm 地温的日较差为 0.7℃,棚外 10 cm 地温的日较差为 4.6℃(见表 2)。由于棚内不与外界进行直接的热量交换,故棚内地温的日较差较小,变化趋势更加缓慢。

表 2 温室内外地温比较

Table 2 Comparison of ground temperature inside and outside greenhouse		4 月 April				5 月 May			
土层厚度/cm	Soil depth	5	10	15	20	5	10	15	20
棚内地温/℃	Ground temperature inside greenhouse	17.5	17.2	17.1	16.9	21.9	21.1	20.6	20.0
棚外地温/℃	Ground temperature outside greenhouse	8.2	7.7	6.6	5.4	15.9	15.2	13.9	12.4
温度差/℃	Temperature deviation	9.3	9.5	10.5	11.5	6	5.9	6.7	7.6
		6 月 June				7 月 July			
土层厚度/cm	Soil depth	5	10	15	20	5	10	15	20
棚内地温/℃	Ground temperature inside greenhouse	22.4	21.7	21.2	20.7	22.9	22.4	21.9	21.6
棚外地温/℃	Ground temperature outside greenhouse	25.7	25.2	24.2	22.9	24.8	24.8	24.2	23.5
温度差/℃	Temperature deviation	-3.3	-3.5	-3	-2.2	-1.9	-2.4	-2.3	-1.9

2.3 棚内外空气湿度的日变化及其比较

由图 6~图 9 可见,4、5、6、7 月份棚内相对湿度最低值均出现在 16:00~18:00 时,除 4 月下旬棚内相对湿度最高值出现在 23:00 时外,5、6、7 月份棚内相对湿度最高值均出现在 8:00。4、5、6、7 月份棚外相对湿度最低值均出现在 16:00~18:00,除 4 月下旬棚外相对湿度最高值出现在 9:00 外,5、6、7 月份棚外相对湿度最高值均出现

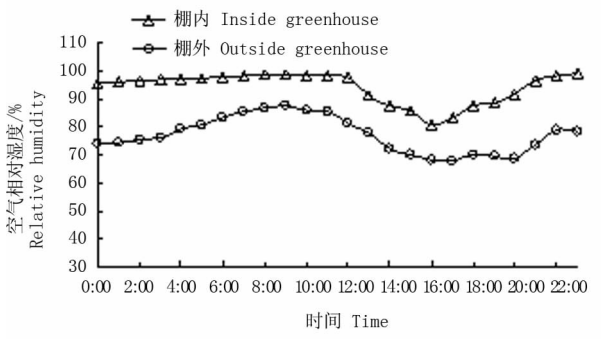


图 6 4 月下旬棚内外相对湿度比较  
Fig. 6 Comparison on humidity inside and outside greenhouse in late April

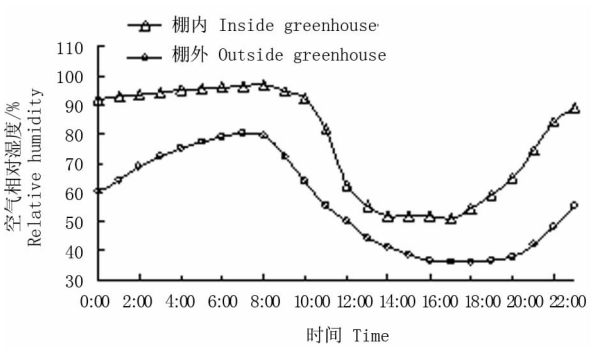


图 7 5 月棚内外相对湿度比较  
Fig. 7 Comparison on humidity inside and outside greenhouse in May

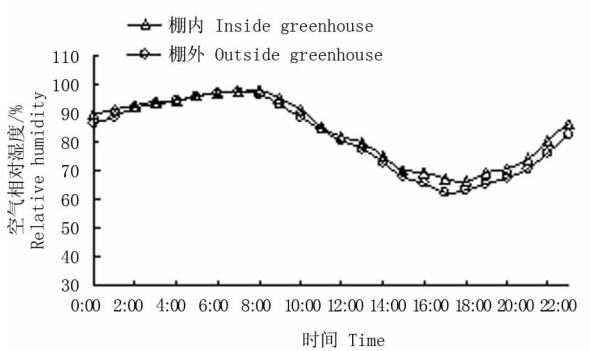


图 8 6 月棚内外相对湿度比较  
Fig. 8 Comparison on humidity inside and outside greenhouse in June

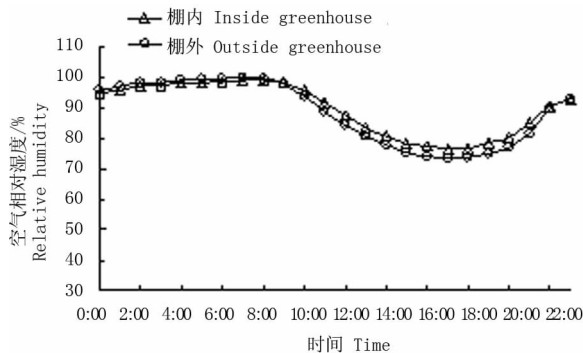


图9 7月棚内外相对湿度比较  
Fig. 9 Comparison on humidity inside and outside greenhouse in July

在7:00。由图6可见,4月下旬棚外空气相对湿度的波动明显频繁于棚内,棚内空气相对湿度变化平缓,变化曲线也比较规则,0:00至正午12:00呈极其缓慢的匀速上升阶段,自正午12:00~23:00呈一个明显的“波谷”,棚外0:00~9:00呈略波动上升阶段,9:00~23:00也呈“波谷”。4月下旬全天棚内相对湿度比棚外高11.2~23.1个百分点,棚内日平均空气湿度为94.0%,棚外日

平均空气湿度为77.1%,日平均增湿16.9个百分点。由图7可见,5月份棚内与棚外的空气相对湿度变化幅度均较大,全天棚内相对湿度均显著高于棚外,变化趋势与4月下旬类似,只是棚内8:00、棚外7:00起开始出现明显的“波谷”至23:00。5月全天棚内相对湿度比棚外高10.5~36.2个百分点,为研究期内的湿度差最大月份,棚内日平均空气湿度为78.1%,棚外日平均空气湿度为56.4%,日平均增湿21.7个百分点。由图8可见,6月棚内与棚外的湿度差很小,在全天内棚内与棚外空气相对湿度曲线几乎重合,0:00~8:00为缓慢上升阶段,8:00~23:00为“波谷”阶段。6月全天棚内相对湿度比棚外高0.2~4.8个百分点,棚内日平均空气湿度为83.9%,棚外日平均空气湿度为81.8%,日平均增湿2.1个百分点。由图9可见,7月棚内与棚外的湿度差较6月份更小,变化趋势与6月份几乎一致。7月全天棚内相对湿度比棚外高1.3~3.6个百分点,棚内日平均空气湿度为89.6%,棚外日平均空气湿度为88.4%,日平均增湿1.2个百分点。

表3 温室内外空气相对湿度比较

Table 3 Comparison of humidity inside and outside greenhouse

月份 Month	日平均相对湿度/% Daily average relative humidity			日最低相对湿度/% Daily lowest relative humidity			日最高相对湿度/% Daily highest relative humidity		
	棚内 1.0 m 1.0 m inside greenhouse	棚外 1.5 m 1.5 m outside greenhouse	湿度差/ 百分点 Temperature deviation	棚内 1.0 m 1.0 m inside greenhouse	棚外 1.5 m 1.5 m outside greenhouse	湿度差/ 百分点 Temperature deviation	棚内 1.0 m 1.0 m inside greenhouse	棚外 1.5 m 1.5 m outside greenhouse	湿度差/ 百分点 Temperature deviation
4	94.0	77.1	16.9	74.3	49.6	24.7	99.9	93.6	6.3
5	78.1	56.4	21.7	44.9	30.5	14.4	98.0	85.6	12.4
6	83.9	81.8	2.1	62.3	56.9	5.4	98.5	98.5	0
7	89.6	88.4	1.2	74.2	70.6	3.6	99.4	99.7	-0.3
平均	86.4	76.0	10.5	63.9	52.0	11.9	99.0	94.4	4.6
Average									

### 3 结论与讨论

试验表明,随着4~7月气温的逐渐升高,日光温室的总体增温效果在逐渐减弱,4月下旬日平均增温为7.2℃、5月份平均为6.7℃、6月份平均只有2.0℃,7月份平均仅为1.9℃。棚内外气温日变化趋势相类似,均呈“单峰”型曲线,这与杨艳超等<sup>[5]</sup>的研究结论相似。4~7月棚内气温日最低值均出现在5:00~6:00,棚外出现在4:00,

棚内气温日最低值的出现时间均滞后于棚外1 h。日出后棚内外温度随太阳辐射的增加而迅速升高,因日光温室的聚热增温作用,棚内升温速度高于棚外,4~7月棚内气温12:00~13:00达到最大值,棚外午后14:00达到最大。随太阳辐射的迅速减弱,16:00后棚内、17:00后棚外气温开始以较快的速度下降,20:00开始棚内外气温下降趋于缓慢,至次日最低值。

研究期内,不同月份日光温室内地温的增温效果明显不同,以 10 cm 地温为例,4 月下旬平均增温 9.5℃,5 月份平均增温 5.9℃,6 月份平均增温-3.5℃,7 月份平均增温-2.4℃。与棚内外气温日变化趋势相比,棚内外的 10 cm 地温的日变化幅度小,速度慢。4~7 月份棚内 10 cm 地温的日最低值均出现在 8:00~10:00,最高值维持在 16:00~22:00,自 22:00 地温开始缓慢下降。4 月下旬及 5 月份的地温日变化滞后于气温 4 h 左右,且随着土层的加深,地温缓慢下降。18:00 至次日 6:00~8:00,棚内地温均高于棚内气温。

研究期内,不同月份日光温室内的增湿效果也存在明显差异,4 月下旬相对湿度平均增加 16.9 个百分点,5 月份平均增加 21.7 个百分点,6 月份平均增加 2.1 个百分点,7 月份平均只增加了 1.2 个百分点。4~7 月份棚内相对湿度最低值均出现在 16:00~18:00,除 4 月下旬棚内相对湿度最高值出现在 23:00 外,5、6、7 月份棚内相对湿度最高值均出现在 8:00。5 月份棚内外相对湿度日变化曲线与于盛楠等<sup>[9]</sup>的研究曲线趋势较为一致,但最低值与最高值出现时间不同,这可能是选择的日光温室与于盛楠等选择的农户大棚规模、材质、供暖方式不同所致。

在研究黑龙江省蔬菜日光温室的小气候变化

规律时,仅进行了 4 月下旬至 7 月末的棚内外观测,研究结论存在相对的局限性。为更深入地揭示黑龙江省日光温室的小气候变化规律,应进一步进行全年观测。

#### 参考文献:

- [1] 邹立尧,赵秀兰. 黑龙江省农业气候背景分析[J]. 黑龙江气象,2000(1):35-37.
- [2] 栾亦波. 黑龙江省农业气候资源状况分析及利用[J]. 大庆高等专科学校学报,1999,19(1):48-50.
- [3] 于盛楠,闫立奇,肖峰,等. 不同天气背景下春季大棚小气候变化分析[J]. 农业现代化研究,2010,31(2):254-256.
- [4] 范万新,陈丹,廖雪萍,等. 桂南地区春季三连栋塑料大棚小气候特征分析[J]. 气象研究与应用,2009,30(1):47-51.
- [5] 杨艳超,刘寿东,薛晓萍. 莱芜日光温室气温变化规律研究[J]. 农业工程科学,2008,24(12):519-523.
- [6] 魏瑞江,王春乙,范增禄. 石家庄地区日光温室冬季小气候特征及其与大气气候的关系[J]. 气象,2010,36(1):97-103.
- [7] 高江林,李灵芝. 晋中地区节能日光温室光照和温度特性研究[J]. 山西农业科学,2007,35(6):83-86.
- [8] 马成芝,孙立德,穆春华. 喀左日光室内气温变化规律及其应用[J]. 气象与环境学报,2007,23(5):49-52.
- [9] 沈能展,任红玉,陈克农,等. 黑龙江省节能日光温室冬季光温特点的研究[J]. 中国农业气象,2002,23(1):29-34.
- [10] 于盛楠,吴志强,闫立奇,等. 北方春季塑料大棚小气候月变化分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(7):3559-3560,3574.

## Analysis on Microclimate Characteristic of Span Plastic Greenhouse in Heilongjiang Province

LYU Jia-jia, WANG Ping, WANG Qiu-jing, WANG Chen-yi, GONG Li-juan

(Heilongjiang Province Institute of Meteorological Science, Harbin, Heilongjiang 150030)

**Abstract:** The microclimate experiment was carried in Shuangcheng city in Heilongjiang province to study the change laws of microclimate in span plastic greenhouse during April to July in Heilongjiang province. It focused on daily variation and monthly change of the inside and outside temperature, air temperature and relative humidity, their change laws were analyzed. The results showed that the greenhouse warming effect was significant during April to July, but the warming effect was abate month by month, 7.2℃ in late April, 6.7℃ in May, 2.0℃ in June, 1.9℃ in July. The minimum inside temperatures value appeared in 5:00~6:00 during April to July, the maximum value appeared in 12:00~13:00, from 16 o'clock began to decline. 10 cm average ground temperature rose 9.5℃ in late April, 5.9℃ in May, 3.5℃ in June, 2.4℃ in July. Compared with the inside and outside air temperature change trend, the inside and outside daily variation of 10 cm ground temperature amplitude small, slowly. The minimum inside 10 cm ground temperature value appeared in 8:00~10:00 during April to July, the maximum value appeared in 16:00~22:00, from 22 o'clock began to decline. The inside air relative humidity increased significantly during April to July, but effect of humidity increased abate month by month.

**Key words:** Heilongjiang province; plastic greenhouse; microclimate