

黑龙江省温室小气候变化特征及 预报模型的初步研究

王 萍¹, 刘春雪², 王秋京¹, 王 铭¹, 李宇光¹, 姜丽霞¹

(1. 黑龙江省气象科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省气象信息中心, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:为了解黑龙江省日光温室内各气象要素变化, 分析了黑龙江省双城市公正乡日光温室 2012 年 9 月~2013 年 8 月的室内外气温、地温及土壤湿度, 并建立室内外气温关系模型。结果表明: 秋季、冬季和春季室内外温差较大, 室内气温明显高于室外, 而夏季较小, 室内气温偏高不明显。在寒冷季节不供暖情况下, 室内气温基本在 10℃ 以下, 难以满足蔬菜生长发育的需要, 各层次地温和土壤湿度变化基本规律基本一致。以棚外温度为自变量, 以棚内温度为因变量, 建立相关模型, 大部时段绝对误差为 0~2.8℃。

关键词: 温室; 地温; 土壤湿度; 预报模型

中图分类号: P463.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2014)05-0075-05

黑龙江省属于高纬度大陆性气候, 夏季高温多雨、冬季严寒少雨, 春秋两季短, 且升温、降温速度快^[1-4], 温室、大棚尤其是冬季的成本较高, 因此在黑龙江省温室、大棚面积较少, 以日光温室、塑料大棚为主, 多为农户自主经营, 基地、大户经营较少, 小拱棚则较分散。黑龙江省日光温室主要分布在大中城市郊区及交通比较发达的县乡镇周边地区, 种植品种主要有番茄、黄瓜、油豆角、花卉、彩椒、甜瓜、西瓜、叶菜类及食用菌等。近年来, 随着气候变暖黑龙江省日光温室发展较快, 向规模化、集约化发展, 进入冬季, 温室开始进行采暖措施, 新建日光温室的采暖方式以暖气为主, 成本非常高。目前关于黑龙江省日光温室内气象要素的研究非常少, 且主要为没有采暖设施的冷棚内气象要素的变化^[5-12]。该文分析了目前黑龙江省具有代表性的连栋日光温室内的小气候变化规律, 并对温室内的温度预测进行初步研究, 以期预测日光温室内的温度, 随时调节采暖时间及强度, 从而节省能源和燃烧成本, 为黑龙江省日光温室

的发展提供科学依据。

1 材料与方法

黑龙江省双城市公正乡日光温室内 2012 年 9 月~2013 年 8 月每 10 min 观测一次室内气温、地温、土壤湿度及室外气温。将数据按照春、夏、秋、冬四季进行处理(2012 年 9 月~11 月为秋季, 2012 年 12 月~2013 年 2 月为冬季, 2013 年 3 月~5 月为春季, 2013 年 6~8 月为夏季)。计算日最高值、最低值、平均值。采用回归分析等统计方法, 分析各气象要素的特征, 并建立温室内温度预测模型。

2 结果与分析

2.1 温室中气象要素变化规律

2.1.1 气温 由图 1 可见, 温室平均气温为 -10.2~31.9℃, 最高气温出现在 6 月 23 日, 最低出现在 2 月 9 日; 室外平均气温为 -31.1~27.1℃, 最高温出现在 7 月 18 日, 最低温出现在 2 月 23 日; 室内外温差为 0~29.2℃, 其中秋季为 0.4~29.1℃, 冬季为 0~22.9℃, 春季为 0~24.6℃, 夏季为 0.5~8.2℃, 秋季、冬季和春季室内外温差较大, 即室内气温明显高于室外, 而夏季较小, 即室内气温偏高不明显。

由图 2 可知, 冬季增温最为明显, 而夏季增温效果最小, 春季和秋季相当。2012 年冬季气温偏低, 温室大棚内由于资金问题闲置, 没有供暖, 2012 年 11 月 1 日~2013 年 3 月 31 日, 室内日平

收稿日期: 2014-01-02

基金项目: 公益性行业科研专项资助项目(GYHY201206024)

第一作者简介: 王萍(1976-), 女, 辽宁省义县人, 硕士, 高级工程师, 从事农业气象研究。E-mail: nqzxwp@163.com。

通讯作者: 姜丽霞(1972-), 女, 吉林省德惠市人, 硕士, 高级工程师, 从事农业气象研究。E-mail: nongyeqixiang1009@163.com。

均气温为 $-10.2\sim 22.6^{\circ}\text{C}$,室外日平均气温为 $-31.1\sim 1.4^{\circ}\text{C}$ (图 2),而室内外温差为 $5.0\sim 21.1^{\circ}\text{C}$;室内日最高气温为 $-8.5\sim 38.8^{\circ}\text{C}$,室外日最高气温为 $-24.5\sim 7.6^{\circ}\text{C}$,而室内外温差为 $1.3\sim 31.2^{\circ}\text{C}$;室内日最低气温为 $-12.3\sim 14.8^{\circ}\text{C}$,室外日最低气温为 $-37.7\sim 0.1^{\circ}\text{C}$,而室内外温差为 $14.7\sim 25.4^{\circ}\text{C}$ 。在寒冷的季节没有

采暖措施的情况下,室内日平均气温、日最高气温和日最低气温均比室外偏高,但偏高的程度不同,平均气温和最低气温偏高的程度稍大,最高气温稍小。虽然寒冷季节温室内部气温明显高于温室外部,但室内气温基本在 10°C 以下,难以满足蔬菜生长发育的需要。

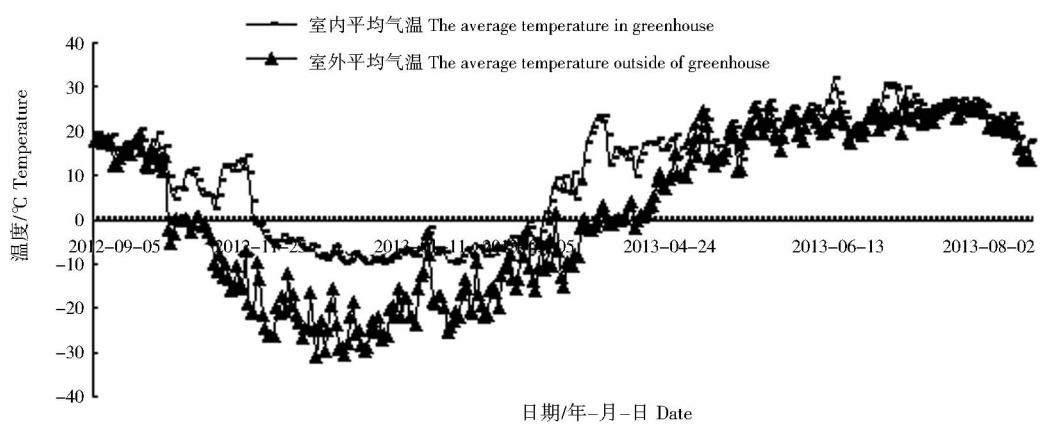


图 1 2013 年 9 月~2013 年 8 月温室内外日平均气温

Fig. 1 The average temperature from September of 2012 to August of 2013 in greenhouse and outside of greenhouse

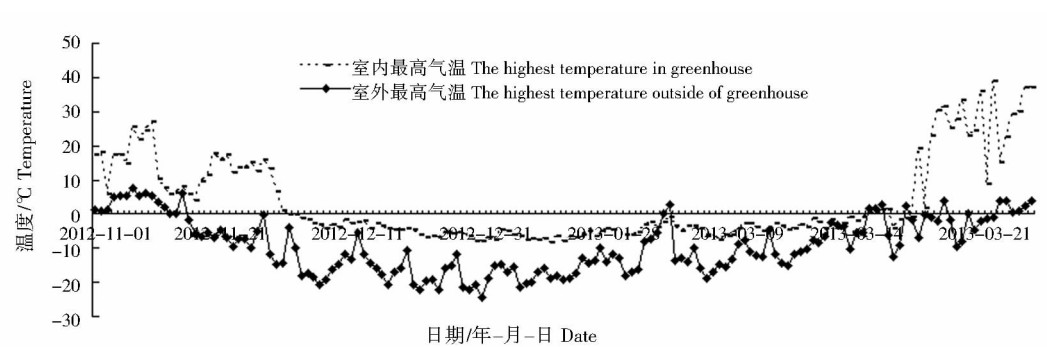


图 2 2012 年 11 月~2013 年 3 月温室内外最高气温

Fig. 2 The highest temperature from November in 2012 to March in 2013 inside and outside of greenhouse

2.1.2 地温 由图 3 可知,2012 年 9 月~2013 年 8 月温室内 5、10、15、20 和 30 cm 地温变化规律趋势一致。在采暖期没有采暖措施的情况下,2012 年 12 月 14 日~2013 年 3 月 22 日各层次地温基本处于 0°C 以下,最低温度出现在 2 月份;其它时间各层次地温处于 0°C 以上,最高温度出现

在 8 月份。2012 年 9 月~2013 年 3 月 5 日,同一时间随着深度的增加地温逐渐升高,而 2013 年 3 月 6 日~8 月 31 日,同一时间随着深度的增加地温下降。秋季、春季和夏季地温为 $8.6\sim 23.1^{\circ}\text{C}$,而冬季为 $-2.5\sim -0.1^{\circ}\text{C}$ 。

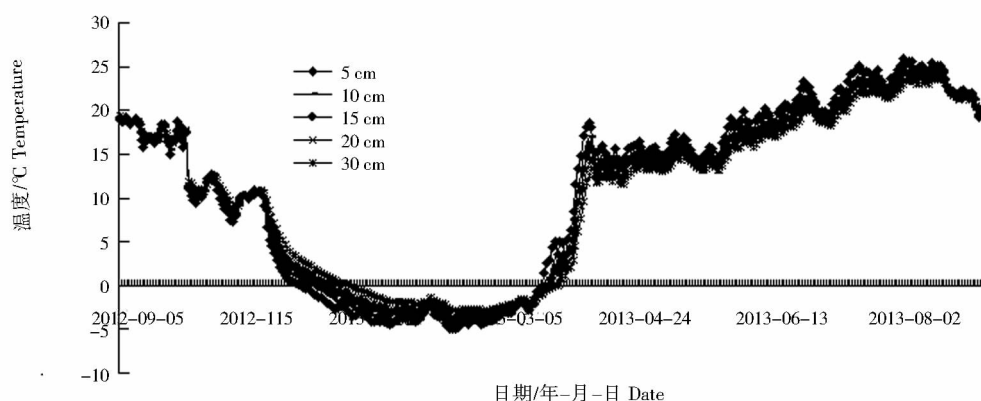


图3 2012年9月至2013年8月温室内各层次日平均地温变化

Fig. 3 The average ground temperature from September in 2012 to August in 2013 of different soil layers in greenhouse

2.1.3 土壤湿度 由图4可知,2012年9月~2013年8月温室内5、10、15、20和30 cm土壤湿度变化规律趋势一致。春季土壤解冻期间即2013年3月17日~4月27日,各层次日平均土壤湿度变化剧烈,没有明显的规律性,而2012年9月1日~2013年3月16日及2013年4月28

日~8月31日,湿度变化呈现一定的规律性,同一时间随着深度的增加,土壤湿度增加。冬季各层次土壤湿度偏低,土壤湿度为12%~20%,11月份,土壤湿度呈下降趋势,而在3~5月呈上升趋势,其它时间则比较稳定,土壤湿度为20%~35%。

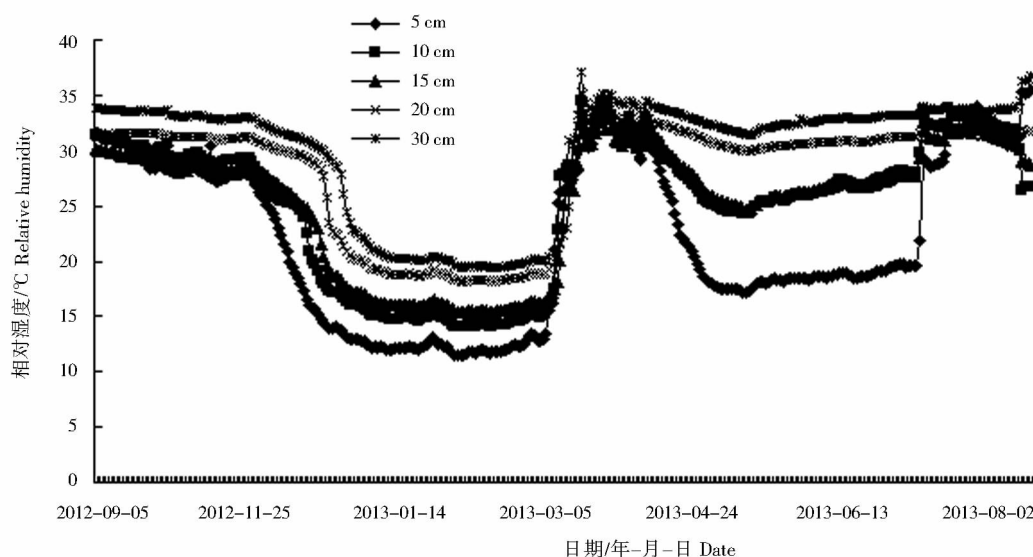


图4 2012年9月至2013年8月温室内各层次日平均土壤相对湿度变化

Fig. 4 The relative humidity of soil from September in 2012 to August in 2013 of different soil layers in greenhouse

2.2 温室内温度预测模型

2.2.1 确定天气类型 根据温室附近双城气象站观测的日日照时数确定天气类型,日照时数在0~3 h为阴天,3~6 h为多云,多于6 h为晴。利用温室附近的双城气象站观测的2012年5月~

2013年8月的日日照时数确定2012年5月~2013年8月的各种天气型的天数。由表1可知,在2012年5月~2013年8月,每月晴天居多,其次为阴天,多云天气相对较少;每月晴天天数多为15~24 d,多云天数为2~7 d,阴天天数多为2~

12 d。夏秋季,阴天天数多于多云天数,而在冬春 季节,阴天天数和多云天数上下波动。

表 1 双城市 2012 年 5 月~2013 年 8 月天气变化

天气类型 Weather	2012 年								2013 年							
	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
	Aay.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.
晴 Sunny	24	24	19	22	21	19	13	20	19	22	23	22	24	17	15	16
多云 Cloudy	5	4	3	2	2	5	7	2	7	0	4	5	3	2	6	3
阴 Overcast	2	2	9	7	7	7	10	9	5	6	4	3	4	11	10	12

2.2.2 温室内温度预测模型建立 将 2012 年 9 月~2013 年 8 月的温室内外最高温度、最低温度按照已经划分好天气型(晴、多云、阴)的日期进行划分,并且剔除缺测及影响反映实际情况的资料, 分别按照不同的天气类型,以棚外温度为自变量,以棚内温度为因变量,建立相关模型,由于资料序列较短,尤其是多云和阴天资料更少,因此部分方程效果较差,表 2 中列出了效果较好的部分模型。

表 2 黑龙江省温室大棚最低气温、最高气温预测模型

Table 2 The prediction model of highest temperature and lowest temperature in greenhouse in Heilongjiang province

季节 Season	天气类型 Weather	温度 Temperature	F	模型 Model	R ²
春季 Spring	晴天	最低气温	0.861**	$Y=0.567\times X+9.226$	$R^2=0.740$
	阴天	最低气温	0.926**	$Y=0.713\times X+6.421$	$R^2=0.857$
		最高气温	0.828**	$Y=0.764\times X+7.557$	$R^2=0.685$
	多云	最低气温	0.857**	$Y=0.649\times X+8.289$	$R^2=0.734$
夏季 Summer	晴天	最低气温	0.900**	$Y=0.778\times X+6.110$	$R^2=0.810$
	阴天	最低气温	0.983**	$Y=0.866\times X+4.091$	$R^2=0.966$
		最高气温	0.858**	$Y=0.875\times X+5.572$	$R^2=0.735$
	多云	最低气温	0.956**	$Y=0.943\times X+2.868$	$R^2=0.914$
秋季 Autumnn	晴天	最低气温	0.750**	$Y=0.261\times X+9.978$	$R^2=0.562$
		最高气温	0.837**	$Y=0.322\times X+17.125$	$R^2=0.701$
		最低气温	0.652**	$Y=0.314\times X+7.403$	$R^2=0.425$
	多云	最高气温	0.850**	$Y=0.658\times X+8.044$	$R^2=0.723$
冬季 Winter	晴天	最高气温	0.778*	$Y=0.278\times X+15.077$	$R^2=0.605$
		最低气温	0.655**	$Y=0.217\times X-1.309$	$R^2=0.429$
	阴天	最低气温	0.634**	$Y=0.252\times X-1.848$	$R^2=0.402$
		最高气温	0.680**	$Y=0.264\times X-1.716$	$R^2=0.463$

注: *、** 表示差异达 0.05 及 0.01 水平。
Note: *, ** mean significant difference at 0.05 and 0.01 level.

2.2.3 预报检验 将 2012 年 9 月~2013 年 8 月温室外最高温度、最低温度资料分别代入上述预测模型,预测室内温度,并计算其误差。大部时段绝对误差为 $0\sim 2.8^{\circ}\text{C}$,其中春季为 $0\sim 4.3^{\circ}\text{C}$,夏季为 $0\sim 2.9^{\circ}\text{C}$,秋季为 $0\sim 2.8^{\circ}\text{C}$,冬季为 $0\sim 2.9^{\circ}\text{C}$,且大部时段误差晴天小于阴天,而阴天小于多云天气。

3 结论

通过分析黑龙江省双城市公正乡日光温室 2012 年 9 月~2013 年 8 月观测的气温、地温、土壤湿度及室外气温资料发现:温室平均气温在 $-10.2\sim 31.9^{\circ}\text{C}$,秋季、冬季和春季室内外温差较大,即室内气温明显高于室外,而夏季较小,即室内气温偏高不明显。在没有供暖的情况下,温室内蔬菜难以生长,各层次地温和土壤湿度变化基本规律基本一致。2012 年 5 月~2013 年 8 月,双城每月晴天居多,其次为阴天、多云天气相对较少。以棚外温度为自变量,以棚内温度为因变量,建立相关模型,大部时段绝对误差为 $0\sim 2.8^{\circ}\text{C}$ 。其中春季为 $0\sim 4.3^{\circ}\text{C}$,夏季为 $0\sim 2.9^{\circ}\text{C}$,秋季为 $0\sim 2.8^{\circ}\text{C}$,冬季为 $0\sim 2.9^{\circ}\text{C}$,且大部时段误差晴天小于阴天,而阴天小于多云天气。以上结果可以为黑龙江省设施农业农业气象服务,并为合理

利用能源及节省经济投入提供科学依据。

参考文献:

- [1] 李帅,杜春英.黑龙江省农业与气候[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,2012:16-35.
- [2] 孙玉亭,祖世亨,曹英,等.黑龙江省农业气候资源及其利用[M].北京:气象出版社,1986:150-162.
- [3] 吕佳佳,王萍,王秋京,等.黑龙江省日光温室小气候变化规律分析[J].黑龙江农业科学,2012,12:73-78.
- [4] 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.
- [5] 张胜亮.塑料薄膜大棚的小气候效应[J].甘肃科技,2003,19(8):134-136.
- [6] 刘可群,杨刚,刘志雄,等.冬季大棚蔬菜低温冰雪灾害评估与预警研究[J].湖北农业科学,2011,50(22):4617-4621.
- [7] 关福来,杜克明,魏瑞江,等.日光温室低温寡照灾害监测预警系统设计[J].中国农业气象,2009,30(4):601-604.
- [8] 王琼,杜成华,周连科,等.影响大棚蔬菜的气象灾害变化特点及对策[J].气象科技,2008,36(4):458-461.
- [9] 何涛,陈丹,范万新,等.预测冬季不同结构大棚内气象要素值的不同数学模型比较研究[J].安徽农业科学,2011,39(19):11756-11759.
- [10] 杨文刚,黎明锋,胡幼林,等.蔬菜大棚气象服务系统的设计与实现[J].湖北农业科学,2008,47(11):1342-1345.
- [11] 马成芝,孙立德,穆春华,等.喀左日光温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.
- [12] 孙立德.温室气象与作物保护研究[M].辽宁:辽宁科学技术出版社,2012:1-60.

Preliminary Analysis on Microclimate Characteristic and Forecasting Model in Greenhouse of Heilongjiang Province

WANG Ping¹, LIU Chun-xue², WANG Qiu-jing¹, WANG Ming¹, LI Yu-guang¹, JIANG Li-xia¹

(1. Institute of Meteorological Science of Heilongjiang, Harbin, Heilongjiang 150030; 2. Meteorological Information Center of Heilongjiang, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract: In order to understand the change of meteorological elements in sunlight greenhouse of Heilongjiang province, based on the observation data of air temperature, soil temperature and soil humidity from September in 2012 to August in 2013 in greenhouse of Gongzheng town in Shuangcheng city, the microclimate characteristic in greenhouse and temperature contrast inside and outside greenhouse were analyzed and related model were established. The results showed that temperature contrast in autumn, winter and spring had larger temperature difference than that in summer, temperature inside greenhouse was higher apparently than that outside greenhouse. Temperature inside greenhouse was below 10°C without heating supply in cold. It is difficult to meet the demands of the growth of vegetable. Soil temperature and soil humidity of each soil layers had changed identically. Related model of temperature outside greenhouse and temperature inside greenhouse was established. The absolute error ranged from 0°C to 2.8°C in most of the time.

Key words: greenhouse; soil temperature; soil humidity; prediction model