

基于 MM5 模式的蔬菜大棚气温预测技术研究

杨文刚¹, 刘可群², 黎明锋¹ (1.湖北省武汉农业气象试验站, 湖北武汉 430040; 2.中国气象局武汉区域气候中心, 湖北武汉 430074)

摘要 [目的] 介绍利用 MM5 数值预报产品预测蔬菜大棚气温的技术方法。[方法] 于 2002 年 11 月~2003 年 4 月在武汉农业气象站, 2006 年 2~4 月在东西湖慈惠农场进行试验, 观测项目为 24 h 大棚内温湿度, 双层膜内温湿度, 0.5、10、15、20 cm 地温等。[结果] 在试验观测的基础上, 对武汉市冬季蔬菜大棚逐小时气温进行详细分析, 找出影响蔬菜大棚气温的主要因子, 结合 MM5 数值预报产品的释用技术方法, 研究出蔬菜大棚逐小时气温预测技术, 并结合常规预报对大棚内气温模拟模型进行修正。将通过模拟模型推算出蔬菜大棚 24 h 内的最高、最低气温与实际大棚中出现的最高、最低气温进行比较, 蔬菜大棚中最高、最低气温预测的准确率达到 68%。[结论] 该气温模拟模型有待于进一步检验和完善。

关键词 MM5 模式; 蔬菜大棚; 气温预测

中图分类号 S625.51 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)11-04489-02

Study on Forecast Technique on the Temperature in Vegetable Greenhouse Based on MM5 Mode
YANG Wen-gang et al (Wuhan Test Station of Agricultural Meteorology, Wuhan, Hubei 430040)

Abstract [Objective] The study aimed to introduce the technique of forecasting the temperature in vegetable greenhouse by using MM5 numerical value forecast product. [Method] The experiments were conducted on Wuhan Station of Agricultural Meteorology in Nov. 2002-Apr. 2003 and on Hucihui Farm in Feb.-Apr. 2006 and the observation items were the temperature and humidity in greenhouse within 24 h, the temperature and humidity in bilayer film and ground temperature at 0.5, 10, 15 and 20 cm. [Result] Based on test observation, the temperature hour by hour in winter vegetable greenhouse in Wuhan was analyzed in detail to find out main factors of affecting the temperature in vegetable greenhouse. Combined with the explaining and using technique of MM5 numerical value forecast product, the technique of forecasting the temperature in vegetable greenhouse was studied out and the temperature simulation model in greenhouse was corrected according conventional forecast. Comparing the highest and lowest temperature, calculated by the simulation model, in vegetable greenhouse within 24 h with that in practice greenhouse, the accuracy of forecasting the highest and lowest temperature in vegetable greenhouse reached 68%. [Conclusion] The temperature simulation model should be to checked up and perfected further.

Key words MM5 mode; Vegetable greenhouse; Temperature forecast

利用塑料大棚能改善冬春季温度条件, 提高蔬菜的太阳能利用率, 促进蔬菜生产, 在我国已经广泛被菜农所接受。胡绵好^[1]等研究认为, 长沙地区的塑料大棚内旬平均最高气温可增加 1.9~9.0℃, 旬平均最低气温可增加 0.4~2.9℃; 武汉农业气象试验站对大棚温度的观测发现^[2], 12月~翌年 4 月期间, 在天气晴好的情况下日最高气温棚内外相差 8.0~15.0℃, 棚内经常会出现 30.0℃以上的气温, 3 月份以后还会出现 40.0℃以上的气温。

观测发现, 大棚内温度变化远比外界大气温度变化剧烈; 冷空气来临, 大棚蔬菜有可能遭受到低温冷害, 甚至冻害; 晴好天气也可能造成高温热害。经过多年的研究与实践, 趋利避害已经有了许多办法^[3-5]。但如何有效地预测预报蔬菜大棚小气候, 到目前为止, 国内这方面的研究较少。因此, 有必要对大棚小气候环境尤其是大棚内温度日变化作出准确预报, 以利于菜农采取有效措施改善大棚生态环境, 提高大棚蔬菜的产量和经济效益。MM5 是由美国国家气象局和宾夕法尼亚大学联合开发研制的第 5 代中尺度数值预报模式, 被公认为是世界上高水平的中尺度数值模式之一, 已成为国内外应用相当广泛的一个中尺度数值预报模式。笔者研究了利用 MM5 数值预报产品开展蔬菜大棚气温预测的技术方法。

1 材料与方法

武汉农业气象试验站于 2002 年 11 月~2003 年 4 月在武汉观象台所在地(114°08'E、30°37'N, 海拔 23.1 m), 2006 年 2~4 月在武汉农业试验站东南方 4 km 处的东西湖慈惠

农场进行试验。观测大棚为一圆拱形钢架塑料大棚, 棚长 30 m, 宽 6 m, 棚膜(PVC 无滴膜)厚 0.08 mm。在大棚内建有拱棚, 拱棚膜(普通农膜)厚 0.06 mm, 膜宽 3 m。观测项目为 24 h 大棚内温湿度, 双层膜内温湿度, 0.5、10、15、20 cm 地温等。前者是完全不揭膜处理, 即无论棚内温度多高, 棚膜都不揭开; 后者随天气的变化有揭膜与闭膜的处理。大棚内的气温下称大棚气温, 大棚中拱棚内的气温下称中棚气温。

2 棚内小气候温度推算

目前我国用于日光温室覆盖材料对太阳短波辐射的透射率在 80%~90%, 而温室内部地表及作物向外的长波辐射很少能透射出去, 因此日光温室增温作用主要与太阳短波辐射有关, 即在一定的天气状况下, 棚内外温差随太阳高度角的增加而增加, 亦即随太阳辐射强度的增加而迅速增加。同时由于棚内外还存在其他形式的热交换, 因此棚内温度与棚外空气温度也有很大关系。

2.1 太阳高度角推算 根据文献[6], 太阳高度角(H)的计算公式为:

$$\sin H = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos T_0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \delta = & 0.006\ 918 - 0.399\ 912 \cos \Gamma + 0.070\ 257 \sin \Gamma \\ & - 0.006\ 758 \cos 2\Gamma + 0.000\ 907 \sin 2\Gamma - 0.002\ 697 \cos 3\Gamma \\ & + 0.001\ 48 \sin 3\Gamma \end{aligned} \quad (2)$$

$$T_0 = C_T + (L_c - 120) / 15 \quad (3)$$

式(1)、(2)、(3)中, H 为太阳高度角, L_c 、 ϕ 分别为站点经、纬度; δ 为太阳赤纬; 年角 $\Gamma = 2\pi(n-1)/365$, 单位为弧度, n 为一年中的日序数; T_0 为太阳时角, C_T 为时间(北京时间)。通过式(1)计算, 夜晚太阳高度角为负, 午夜时最小。

2.2 大棚温度与太阳高度角、空气温度关系模型 不同天气条件下, 太阳辐射到达地表的强度不同, 影响了塑料薄膜

基金项目 科技部农业科技成果转化项目资助(05EFN217400416)。

作者简介 杨文刚(1975-), 男, 湖北武汉人, 工程师, 从事湖泊生态气象与设施农业小气候效应研究。

收稿日期 2008-02-13

的增温效果,首先将 1 d 分 3 个阶段,即午夜至日出、日出至日落、日落至午夜。其次根据太阳辐射情况,将白天天气用日照百分率 S 的大小大致分晴天、多云到少云、阴(包括雨)到多云 3 种类型,分类标准:晴天, $S \geq 60\%$; 多云到少云, $20\% \leq S < 60\%$; 阴到多云, $0 \leq S < 20\%$ 。

棚内温度与太阳高度角、空气温度关系模型为:

$$T_c = a_0 + a_1 \times H + a_2 \times T_a \quad (4)$$

式中, T_c 、 T_a 、 H 分别为棚内温度、大气温度以及太阳高度角(单位为度), a_0 、 a_1 、 a_2 为参数,由回归统计计算得到,详见表 1,模型通过 0.001 信度检验。统计计算还发现:夜晚无论是分天气类型建模,还是不分天气类型统一建模,其模拟效果相差不大,笔者采用统一建模方式。另外,夜晚的太

表 1 大棚、中棚温度与太阳高度角、空气温度关系模型参数值

Table 1 Parameter value of the relationship model between large-sized and medium-sized plastic sheds, solar altitude angle and air temperature

模型 Mode	日照百分率标准 Sunshine percentage standard	a_0	a_1	a_2	r
大棚 Large-sized plastic shed	晴 Fine	3.446 5	0.280 0	0.765 4	0.966 0
	多云到少云 Cloudy to part cloudy	4.103 5	0.190 6	0.780 6	0.957 1
	阴到多云 Overcast sky to cloudy	2.721 9	0.067 1	0.957 2	0.926 9
	日落至午夜 Sunset to midnight	2.566 8	0.011 0	0.948 8	0.983 1
	午夜至日出 Midnight to sunrise	2.131 4	0.001 3	0.954 2	0.975 7
中棚 Medium-sized plastic shed	晴 Fine	6.359 7	0.526 8	0.346 1	0.865 0
	多云到少云 Cloudy to part cloudy	5.384 7	0.373 9	0.491 8	0.883 8
	阴到多云 Overcast sky to cloudy	4.436 4	0.119 5	0.819 3	0.647 5
	日落至午夜 Sunset to midnight	6.590 6	0.016 7	0.393 0	0.624 0
	午夜至日出 Midnight to sunrise	4.689 8	-0.004 1	0.507 3	0.662 8

阳高度角主要反映时间的变化。

3 MM5 数值预报产品的释用技术方法

MM5 数值预报产品包含气压、风向风速、湿度、降水、气温等。近 40 年大棚生产季(11 月~翌年 4 月)气象数据统计发现:日照百分率与温度、湿度、风向风速、气压等气象要素有很好的关系。式(5)是采用逐步回归方法得到的日照百分率与其他气象要素的回归方程。

$$S = 34.0 + 6.4 \times (T_{14} - T_{08}) - 0.45 U + 0.79 \times P_{24} \quad (5)$$

式(5)中, S 为日照百分率, T_{14} 、 T_{08} 分别为 14:00、08:00 的气温, U 为相对湿度, P_{24} 为 24 h 变压。样本数为 6 653, 相关系数为 0.849, 通过 0.001 信度检验, 相关极为显著。

计算出日照百分率 S 后, 对应表 1 中的参数, 利用公式(4)推算大棚和中棚内的逐小时气温, 进行蔬菜大棚气温的预测。

4 小结与讨论

模型经过 2006 年 11 月~2007 年 3 月试运行, 如果蔬菜大棚模拟值与实测值相差在 ± 2 °C 内即为正确, 4 个多月逐小时气温预测的正确率为 45.6%, 但每天逐小时温度变化趋势预测基本正确。分析误差产生的原因, 主要有: 一是 MM5 数值预报中逐小时气温预报存在误差, 使通过公式(4)计算出的温度与实际温度存在较大差异; 二是 MM5 数值预报中气压、相对湿度等要素的预报准确率有待提高。

为了提高预测的准确率, 该研究利用常规天气预报业务产品对模拟模型加以订正。

(1) 用常规预报中的天气状况选取相应的模拟模型对逐小时气温进行推算。晴天对应 $S \geq 60\%$ 的模拟模型; 晴到多云用 $S \geq 60\%$ 和 $20\% \leq S < 60\%$ 2 种模拟模型计算的平均值; 多云用 $20\% \leq S < 60\%$ 的模型; 阴到多云、阴雨天用 $0 \leq S < 20\%$ 的模拟模型进行计算。模型经过改进后进行运行, 4 个多月的正确率提高到 56.8%。

(2) 用常规预报中的最高、最低气温订正 MM5 数值预报 24 h 中的最高、最低气温, 其他正点时间按相应的趋势比例进行订正。通过该模拟模型推算出的逐小时气温正确率提高到 61.3%。

通过模拟模型推算出 24 h 内的最高、最低气温(以逐小时最高、最低气温作为当天的最高、最低气温), 与实际大棚中出现的最高、最低气温进行比较, 蔬菜大棚中最高、最低气温预测的准确率达到 68.0%, 其中最低气温预测的准确率高于最高气温。模拟模型有待于进一步检验和完善。

分析预测误差产生的主要原因有以下 3 方面: 一是 MM5 数值预报产品中逐小时气温预报准确率有待提高; 二是以日照百分率划分模拟模型时, 由于日照百分率范围较宽, 模拟模型精度不够; 三是 3 月份以后蔬菜大棚出现高温后, 农户揭膜使预测的最高气温与实际产生差异。总的来说, 在目前 MM5 预报水平下, 经过常规预报订正后的模拟模型更具有实用性; 该模型经过几个月运行, 对指导菜农采取有效措施改善大棚生态环境, 提高大棚蔬菜产量和经济效益具有现实意义。

参考文献

- [1] 胡绵好, 沈彤, 刘明月, 等. 不同覆盖层次塑料大棚内温度和光照度的变化[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2004, 30(6): 545-548.
- [2] 黎明锋, 杨文刚, 阮仕明. 塑料大棚小气候变化特征及其与蔬菜种植的关系[J]. 湖北气象, 2004(4): 27-30.
- [3] 刘金郎. 日光温室黄瓜白粉虱高温闷杀效果[J]. 中国蔬菜, 2000(2): 33-34.
- [4] 肖深根, 刘志敏, 宋勇, 等. 长沙地区春夏之交塑料大棚内温度和光照动态变化[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2002, 28(5): 408-410.
- [5] 冯富强, 李建军. 宝鸡市日光温室蔬菜冬季低温冻害发生原因及预防对策[J]. 陕西农业科学, 2006(2): 88-90.
- [6] 左大康, 王懿贤, 陈建绥. 中国地区太阳总辐射的空间分布特征[J]. 气象学报, 1963, 33(1): 78-96.