

季节时序模型在温室内日湿度预测中的应用

张 乐¹, 张建民², 杜相革¹

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院 北京 100094 2. 总装备部农业新技术试验培训基地, 北京 100094)

摘 要: 温室内湿度环境的调控是农业保护地生产中的重要环节, 关系到植物的生长状况、灌溉措施的调节以及多种病害的生态防治。现以北京地区具有代表性的砖砌空心墙钢拱架结构温室为例, 以 2006 年 12 月至 2007 年 6 月间的日湿度值为分析数据, 运用季节性时间序列分析法建立了当地温室内月平均的日湿度 $AR(p)$ 模型, 经过与实测值对比, 预报效果较好, 为合理调控温室内的湿度提供了理论依据和定量指标。

关键词: 季节性时间序列; 温室湿度; 模型; 预测

中图分类号: S 625.2; S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)04-0124-03

温室内空气湿度的变化直接影响到植物的生长发育和病害的发生。因此, 合理调控温室内空气湿度是生产中一个重要的技术环节。在土壤含水量基本不变的情况下, 温室内空气的相对湿度在一天内是按一定规律变化的, 不同天气条件下, 这种变化基本一致。以往对于温室内湿度的研究都是定性的, 多是对这种变化规律的描述。现通过定量计算, 将温室内湿度的日变化以数学模型的形式表现出其特有的规律性, 为进一步研究如何定量调控温室内湿度提供理论基础。

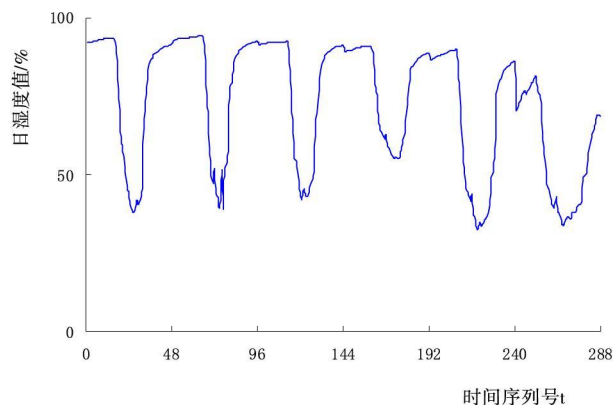


图1 2006年12月至2007年6月温室内月平均的日湿度曲线

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验采集的数据资料为 2006 年 12 月至 2007 年 6 月连续 7 个月的温室内日湿度的月平均值。该温室位于北京市海淀区永丰乡总装备部农业新技术试验培训基地, 温室为砖砌空心墙钢拱架结构。采集数据的仪器为国家农业信息化工程技术研究中心(NERCITA)开发的温湿度露点仪, 每隔 30 min 仪器采集 1 组数据。

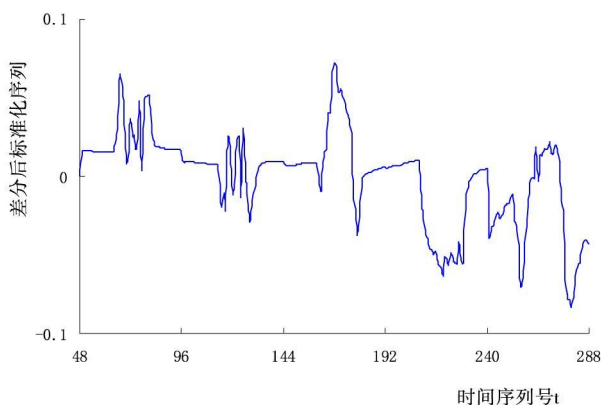


图2 差分后的标准化序列曲线图

1.2 数据统计分析方法

通常在一个随机序列中, 若经过 s 个基本时间间隔

第一作者简介: 张乐(1982-), 女, 硕士, 主要从事温室环境与蔬菜病害关系及其调控技术方面的研究。E-mail: mengchong@tom.com.

通讯作者: 杜相革。

收稿日期: 2008-01-08

后呈现出相似性, 就说该序列表现出以 s 为周期的周期特性, 这种具有周期特性的序列称为季节时间序列^[1]。根据实际情况, s 可以取年(12个月), 也可以取季度(3个月), 文中 s 取天(48个时刻)。实际问题中经常遇到的季节模型, 是对季节随机序列中不同周期的同一周期点之间的相互关系或同一周期内不同周期点之间的关系拟合。季节时序模型属于非平稳的时序模型, 因此可以通过差分法将非平稳序列转换成平稳序列, 然后以

平稳序列的模型来描述它的统计变化特征^[3]。具体步骤^[3]:第1步,对时间序列进行差分 ∇ 和季节差分 ∇_s ,以得到一个平稳序列。第2步,计算差分后序列的自相关函数和偏自相关函数,选择一个暂定模型。第3步,由差分序列的适当自相关和偏相关值求得模型的初始估计值,并将这些估计值作为最小二乘估计的初始值,对模型进行最小二乘估计。第4步,对估计得到的暂定模型的剩余项进行适应性检验,决定是否接受暂定模型。当模型的适应性检验表明暂定模型不是最优模型时,可根据检验所提供的有关改进模型的信息,重新拟合改进

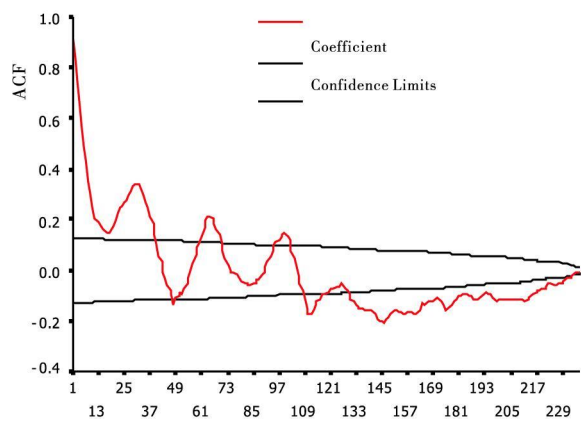


图3 差分后序列自相关函数图

模型,并对其进行适应性检验,直至得到最优模型为止。
2 结果和分析
2.1 日湿度序列平稳化

从图1可以看出,月平均的日湿度序列具有明显的以日(48个时刻)为周期的周期变化规律,而没有其他明显的趋势项,故可以对原序列进行季节差分^[4]:

$$W_t = \nabla Y_t = Y_t - Y_{t-48} = (1 - B^{48})Y_t,$$

得出差分后的序列 W_t ,并对序列 W_t ,进行标准化处理, $X_t = \frac{W_t - \bar{W}}{\sigma_W}$ ($\bar{W} = -4.2$, $\sigma_W = 313.4$),见图2。

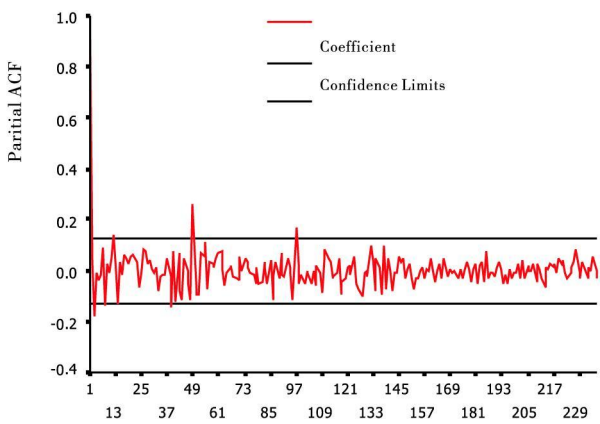


图4 差分后序列偏相关函数图

2.2 使用 SPSS 软件进行差分后序列自相关分析

2.3 使用 SPSS 软件进行差分后序列偏相关分析

从图3和图4中可以看出,自相关图具有拖尾性,偏相关图具有截尾性,故可以初步判定模型形式为AR(p)。

2.4 模型阶数判定

从偏相关图中看出,当 $k \geq 48$ 时, Φ_k 基本落入95%容许限内,因此可以初步确定AR(p)模型阶数为 $p=48$ 。选择 $k=1, 3, 8, 12, 39, 48$ (均在95%容许限以外),则AR(p)模型如下。其中, μ 是差分后序列 $x(t)$ 的平均水平, ϵ_t 是残差项。

$$\begin{aligned} x(t) = & \mu + \varphi_1(x_{t-1} - \mu) + \varphi_3(x_{t-3} - \mu) + \varphi_8(x_{t-8} - \mu) + \varphi_{12}(x_{t-12} - \mu) + \varphi_{39}(x_{t-39} - \mu) + \varphi_{48}(x_{t-48} - \mu) + \epsilon_t \\ = & \mu + 0.913(x_{t-1} - \mu) - 0.180(x_{t-3} - \mu) - 0.136(x_{t-8} - \mu) + 0.144(x_{t-12} - \mu) - 0.144(x_{t-39} - \mu) - 0.112(x_{t-48} - \mu) + \epsilon_t \end{aligned}$$

当选定阶数为 p 时,需要利用AIC准则^[5]进一步识别模型阶数是否合适, $AIC(p, q) = n \ln(\hat{\sigma}^2) + 2(p + q)$ 。计算结果如下: $AIC(47) = 240 \ln 0.044462 + 2 \times 47 = -653.148$, $AIC(48) = 240 \ln 0.041375 + 2 \times 48 = -668.42$, $AIC(49) = 240 \ln 0.047162 + 2 \times 49 = -635.002$ 。 $AIC(49) > AIC(47) > AIC(48)$,所以阶数为48阶最好。

2.5 模型的检验

主要检查残差项 ϵ_t 是否独立。

$$\epsilon_t = x(t) - \mu - \varphi_1(x_{t-1} - \mu) - \varphi_2(x_{t-2} - \mu) - \Lambda - \varphi_p(x_{t-p} - \mu),$$

求出 $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \dots, \epsilon_n$,计算其自相关系数 $r_1(\epsilon),$

$$r_2(\epsilon), r_3(\epsilon), \dots, r_k(\epsilon), \text{通过计算统计量 } Q = n \sum_{k=1}^m r_k^2(\epsilon)$$

$$= 4.9745, m = 50 (\text{当 } n > 50 \text{ 时可取 } m < \frac{n}{4}), n = 240.$$

显著水平 $\alpha = 0.05$ 时,查 χ^2 表得自由度为 $m - p = 2$ 的 $\chi^2_{0.05} = 5.991$, $Q = 4.96 < \chi^2_{0.05} = 5.991$,故 ϵ_t 是相互独立的假定可以接受。

残差 ϵ_t 的正态性检验:偏态系数 $C_{sk} = -0.000047 \rightarrow 0$,故通过正态性检验。方差 $\sigma_\epsilon^2 = 0.2042$, $\alpha = 0.4519$,均值为 $-0.000096 \rightarrow 0$,则 $\epsilon \sim (0, 0.2042)$,正态分布。

于是差分后序列模型为:

$$\begin{aligned} x(t) = & 0.2 + 0.913(x_{t-1} - 0.2) - 0.180(x_{t-3} - 0.2) - 0.136(x_{t-8} - 0.2) + 0.144(x_{t-12} - 0.2) - 0.144(x_{t-39} - 0.2) - 0.112(x_{t-48} - 0.2) + \epsilon_t, \epsilon_t \sim (0, 0.2042). \end{aligned}$$

2.6 模型预测

综上所述,月平均的日湿度模型为: $(1 - B^{48})Y_t = Y_t - Y_{t-48} = W_t = x_t \cdot \sigma_W + W_t = 313.4 \times [0.2 +$

$0.913(x_{t-1}-0.2)-0.180(x_{t-3}-0.2)-0.136(x_{t-8}-0.2)$
 $+0.144(x_{t-12}-0.2)-0.144(x_{t-39}-0.2)-0.112(x_{t-48}-$
 $0.2)+\epsilon_t]$ $-4.2, \epsilon_t \sim (0, 0.2042)$ 。

应用该模型对 2007 年 6 月的日平均湿度值进行预测, 预测值及模型相对误差见表 1。经计算, 平均相对误差为-8.47%, 模型预测效果较好。图 5 中反映了模型预测值曲线与实测值曲线的拟合度。

表 1 模型预测值与实测值比较 (2007 年 6 月) %

时间 序列号 t	实测值	预测值	相对 误差	时间 序列号 t	实测值	预测值	相对 误差
289	73.3	72.3	1.34	313	46.8	50.2	-7.35
290	72.6	77.9	-7.28	314	44.8	46.9	-4.60
291	74.3	81.6	-9.86	315	44.2	44.2	-0.12
292	75.3	85.4	-13.40	316	43.9	46.1	-4.98
293	76.9	88.1	-14.54	317	46.1	46.1	0.11
294	80.2	88.0	-9.73	318	40.2	46.9	-16.68
295	81.5	89.0	-9.19	319	41.7	46.8	-12.27
296	83.2	90.4	-8.76	320	43.3	49.6	-14.73
297	84.0	91.3	-8.70	321	42.7	50.1	-17.40
298	85.0	90.8	-6.81	322	44.9	51.1	-13.97
299	86.0	90.4	-5.15	323	45.7	53.6	-17.20
300	86.4	89.8	-3.88	324	46.9	54.7	-16.72
301	85.5	84.5	1.19	325	48.2	56.0	-16.09
302	82.2	81.8	0.51	326	50.6	60.4	-19.34
303	77.0	78.3	-1.69	327	55.0	64.0	-16.49
304	67.6	72.2	-6.77	328	61.8	63.8	-3.26
305	62.0	64.2	-3.57	329	66.8	66.5	0.40
306	57.0	59.0	-3.39	330	68.5	68.9	-0.53
307	52.2	57.4	-9.86	331	66.3	70.4	-6.09
308	50.8	56.1	-10.50	332	67.6	70.6	-4.45
309	48.7	55.1	-13.08	333	68.2	72.7	-6.58
310	47.7	53.6	-12.23	334	68.2	73.2	-7.41
311	47.4	56.7	-19.65	335	70.4	73.5	-4.39
312	44.2	51.8	-17.22	336	70.3	73.2	-4.08

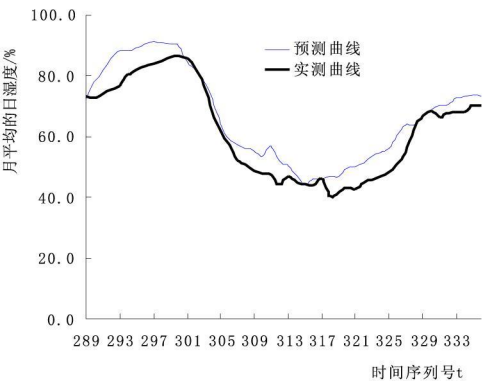


图 5 季节性时间序列模型预测 2007 年 7 月日湿度值曲线图

3 结论和讨论

通过分析温室内湿度的日变化规律, 选择了时间序列分析法运用时间序列分析法建立了季节性随机序列模型, 从拟合结果可以看出该模型的预报效果较好, 为生产中合理调控温室内湿度提供了定量指标和理论依据, 对进一步研究温室内湿度控制措施具有重要意义。该模型在实际应用时, 应注意将最新的数据加到预测序列中, 采用最新信息进行预报, 效果会更理想。

参考文献

[1] Box G E P. 时间序列分析: 预测与控制[M]. 顾岚, 译. 北京: 中国统计出版社, 1997: 377-426.
[2] 魏宏刚, 付强. 基于季节时序模型的水稻区降水量预测[J]. 黑龙江水专学报, 2002, 29(3): 10-13.
[3] 付强. 数据处理方法及其农业应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 47-99.
[4] 耿修林, 谢兆茹. 应用统计学[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 342-387.
[5] 王立坤, 刘庆华, 付强. 时间数列分析法在水稻需水量预测中的应用[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(2): 129-134.

Applying the Season Time Series Model to Forecast the Greenhouse Daily Humidity

ZHANG Le¹, ZHANG Jian-min², DU Xiang-ge¹

(1. College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. New Agricultural Technology and Research Base, Chinese PLA General Armament Department, Beijing 100094, China)

Abstract: Control of humidity environment in greenhouse is a key link to agricultural production. Humidity control concerns to plant growth condition, irrigation regulation and ecological prevention and control of several plant diseases. In this paper, the daily humidity data collected from Dec. 2006 to Jun. 2007 in hollow-brick-wall-steel-truss-structure-greenhouse which is representative in Beijing was studied. Through applying the theory of season random time series, an AR(p) model to forecast the local greenhouse inner daily humidity was built up. Through comparison with the measured value, the model had good effect. It provided the theories gist and the quantity index for the technology of controlling the greenhouse inner humidity.

Key words: Season time series; Greenhouse inner humidity; Model; Prediction