

# 广东省农用天气预报技术研究

刘锦銮 何 键 陈新光

(广东省气候与农业气象中心, 广州 510080)

**提 要:** 根据6种不同类型的农田小气候的自动气象站的观测资料, 分析了菜田土温、果树园内气温、鱼塘水温与气象站同类型气温的相关关系; 利用逐步回归分析建立了以气象站同类气温为自变量的菜田土温、果树园内气温、鱼塘水温等预报模型。各模型的回归效果都达到了显著水平, 平均绝对误差均和平均相对误差均在允许范围之内, 具有较高的精度。利用 Visual Basic6.0, 在 WINDOWS 平台上开发了方便实用的“农用天气预报系统”。

**关键词:** 农用天气 小气候预报 地温 水温

## Agricultural Weather Forecast Technical Research of Guangdong Province

Liu Jinluan He Jian Chen Xinguang

(Guangdong Climate and Agrometeorology Center, 510080)

**Abstract:** Based on the micro-climatic observation data by the automatic weather stations installed in 6 kinds of farmland local conditions. The relationship between the soil temperature of vegetables field, air temperature in the fruit tree garden, water temperature of fishpond and the observations at weather station are analyzed. The prediction models of soil temperature of vegetables field, air temperature of fruit tree garden, water temperature of fishpond as the function of the air temperature of weather station are developed using the stepwise progression method. And then with Visual Basic 6.0, an agricultural weather forecast system is set up on windows platform.

**Key Words:** agricultural weather forecast soil temperature water temperature

资助项目: 广东省农用天气预报关键技术及防寒减灾对策 (B30902) 资助

收稿日期: 2005年1月26日; 修定稿日期: 2005年11月7日

## 引 言

农用天气预报是指根据当地农业生产对象和农业生产活动中各主要农事环节以及有关技术措施对天气条件的需要而编发的一种针对性较强的专业天气预报。

对作物生长、发育和水产养殖来说, 土壤温度、冠层内气温和水温要比大气候条件下的气温更重要。土壤温度不仅影响着植物的光合作用、种子的萌发、幼苗和根系的生长, 而且还影响着植物对水分的吸收与输送以及土壤中有效养分的变化等, 因此, 土壤温度是土壤环境的重要因素之一。荫蔽度较大的作物群体, 冠层内外的温度差异很大, 开展作物冠层内的温度预报, 有利于及时进行人工调节, 保证作物的正常生长及防灾减灾措施的实施。水体温度不仅通过影响有机体的代谢强度, 直接控制水生生物的生长、发育、生活状态、数量消长和分布等, 而且温度条件的变化又影响着食物的丰富程度和水中与生物有关的物理、化学因素的动态, 间接支配着生物的生活和生存, 因此, 水体温度是水生生物环境中最基本、也是最重要的因素之一。我国目前开展的主要是针对农事季节的农用天气预报, 而针对农田小气候要素的预报较少<sup>[1, 2]</sup>。

本研究在果园、菜田、鱼塘等设置自动气象站实地观测冠层内气温、菜田地温和鱼塘水温, 结合附近气象站气温观测资料, 建立以气象站气温为自变量的冠层内气温、菜田地温和鱼塘水温预报模型。开展针对广东农业生产主要作物类型的农用气象要素预报, 可以使天气预报与农业生产紧密结合, 提高实用性和准确性。

## 1 资料收集与整理

考虑到广东省特色农业、冬季农业和水产养殖业发展的需要, 自 2001 年 12 月开始, 共在广州市白云区、花都区、番禺区等地的荔枝园、香蕉园、木瓜园、蔬菜田、鱼塘以及温室, 安装了 6 种类型的自动气象站, 进行温度(地温、近地层气温、冠层温度、水温)、湿度、风、降水等要素的观测。6 个农田类型的小气候观测站, 与对应的气象站花都、广州、番禺的直线距离都在 5km 左右。

观测仪器采用改装后的 WP3103 型自动气象站记录仪(该记录仪系广东省气象技术装备中心生产, 并经过中国气象局气象仪器计量检定部门认证), 使其能够同时记录多层温度。6 种类型的农田小气候监测, 收集了一年以上气温、湿度、地温、风、降水等逐时的要素观测资料。

## 2 不同类型农田小气候预报模型的建立

目前, 我国气象台站只进行 1.5m 高处的气温预报, 而且随着数值预报模式的不断改进, 气温的预报精度也不断提高。由于下垫面与空气的能量交换和热传导, 使得不同下垫面温度与气温之间存在着密切的关系, 因此只要确定出不同下垫面温度与气温之间的匹配关系, 便可以利用气温来进行水温的预报。在不同类型小气候变化特征分析的基础上, 研究了地温、园内气温、鱼塘水温与气象站同期气温的交叉相关关系, 利用逐步回归统计方法建立了以气象站气温为自变量的菜田地温、园内气温、鱼塘水温预报模

式, 并进行了统计检验<sup>[3~5]</sup>。

## 2.1 菜田土壤温度预报模型

### 2.1.1 土壤温度与气温的相关分析

土壤温度变化与气温变化之间具有一定的滞后效应<sup>[6~8]</sup>, 因此, 对土壤日平均温度、日最高温度、日最低温度与当日、前一日、前二日、前三日同类型气温进行交叉相关分析。结果表明, 一是土壤温度与气温的关系十分密切, 大多数达到显著水平; 二是土壤温度与前一天的气温相关最为密切, 当天次之, 与前二天、前三天的相关性迅速减小。但 7 月日最高、日最低土壤温度例外, 是当日的相值最高, 因为夏季太阳辐射强, 地气热量交换迅速所致; 三是冬季土壤温度与气温的关系比夏季密切, 这与冬季太阳辐射弱, 土壤湿度低, 蒸发少有关; 四是土壤与空气之间极端温度的关系比日平均的关系要差些, 这是与极端温度的随机性比平均温度大有关。

### 2.1.2 土壤温度预报模型

根据土壤温度与气温的相关分析, 以当日、前一日、前二日、前三日的同类型气温为因子, 建立如下土壤温度预报模型<sup>[9]</sup>:

$$T_w = B_0 + B_1 T_{0A} + B_2 T_{-1A} + B_3 T_{-2A} + B_4 T_{-3A} \quad (1)$$

式中,  $T_w$  为日平均、日最高、日最低土壤温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $B_0$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$  为常数和系数,  $T_{0A}$ 、 $T_{-1A}$ 、 $T_{-2A}$ 、 $T_{-3A}$  分别为当日、前一日、前二日、前三日的日平均、日最高、日最低气温 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

然后, 采用逐步回归建立不同月份、不同深度土壤温度与气温的线性回归方程。表 1 为 1 月、7 月 15cm 土壤温度与气温逐步回归方程各常数、系数项、回归方程效果检验、平均绝对误差和相对误差。可以看出, 各预报方程的总体回归效果都达到了显著水平。平均绝对误差除日最高温度略大于  $0.5^{\circ}\text{C}$  以外, 其它均在  $0.5^{\circ}\text{C}$  以内, 平均相对误差除 7 月大于 10% 外, 其它均低于 10%, 说明预报模型具有较高的精度, 可以用于土壤温度预报。

表 1 15cm 土壤温度预报方程常数、系数项及效果检验

项目	$B_0$	当日 $B_1$	前一天 $B_2$	$R$	$F$	平均绝对误差/ $^{\circ}\text{C}$	平均相对误差/%
日平均温度	5.53	0.28	0.3	0.97	227.50	0.24	1.5
日最高温度	6.57	0.41	0.42	0.82	63.171	0.54	8.1
日最低温度	6.93	0.27	0.37	0.97	326.81	0.42	2.1
日平均温度	15.38	0.35	0.47	0.80	53.407	0.35	4.1
日最高温度	14.17	0.47	0	0.79	48.887	0.55	13.2
日最低温度	13.74	0.35	0.18	0.85	36.685	0.45	5.2

## 2.2 木瓜园气温预报模式

### 2.2.1 园内、园外气温的相关分析

从 9 月份木瓜园内、园外日平均气温、日最低气温、日最高气温的相关分析可以看出, 园内、园外气温之间存在着良好的线性相关。为此, 计算了不同月份木瓜园内、园外日平均温度、日最高温度、日最低温度的

相关系数。尽管极端温度由于其随机性比平均温度大, 从而使得园内、园外极端气温的关系不如日平均气温密切, 但不论是日平均气温, 还是日最高、日最低气温都通过了  $\alpha = 0.01$  的显著性检验。

### 2.2.2 木瓜园内气温的预报方程

根据木瓜园内、园外气温的相关分析, 以园外同类型气温为预报因子, 建立如下园

内气温预报方程：

$$Y = aX + b \quad (2)$$

式中， $Y$  为木瓜园内 1.5m 高度日平均气温或日最高气温、日最低气温 ( $^{\circ}\text{C}$ )， $X$  为园外气温 ( $^{\circ}\text{C}$ )， $a$ 、 $b$  分别为系数和常数项。

采用最小二乘法建立 1.5m 高度不同月份园内与园外气温的线性回归方程。表 2 为不同月份木瓜园日平均气温预报方程各常数、系数项、平均绝对误差和相对误差。可以看出，平均绝对误差均在  $0.5^{\circ}\text{C}$  以内，平均相对误差基本在 5% 以内，说明预报模型具有较高的精度，可以用于木瓜园气温预报。

表 2 不同月份木瓜园日平均气温预报方程常数、系数项及效果检验

月份	系数 $a$	常数 $b$	平均绝对误差/ $^{\circ}\text{C}$	平均相对误差/%
6	1.005	0.06	0.3	0.9
7	1.007	-0.098	0.2	1.7
8	0.985	0.351	0.2	4.1
9	1.01	0.027	0.4	5.1
10	1.011	-0.027	0.4	4.1
11	1.003	0.159	0.1	4.7

### 2.3 鱼塘水温预报模型

根据水温与气温的相关分析，以当日、前一日、前二日、前三日的同类型气温为因子，建立如下水温预报模型：

$$T_w = B_0 + B_1 T_{0A} + B_2 T_{-1A} + B_3 T_{-2A} + B_4 T_{-3A} \quad (3)$$

式中， $T_w$  为日平均水温或日最低水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )， $B_0$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$  为常数和系数， $T_{0A}$ 、 $T_{-1A}$ 、 $T_{-2A}$ 、 $T_{-3A}$  分别为当日、前一日、前二日、前三日的日平均气温或日最低气温 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

然后，采用逐步回归建立不同月份、不同深度水温与气温的线性回归方程。

12 月份、不同深度水温与气温逐步回归方程各常数、系数项、回归方程效果检验、平均误差及最大误差分别列于表 3。可以看出，各模型的回归效果都达到了显著水平，平均绝对误差均在  $0.5^{\circ}\text{C}$  以内，平均相对误差均在 10% 以内，具有较高的精度，可用于冬季鱼塘水温的预报。如 2004 年 1 月 11 日，广州站预报水温 5cm、50cm、100cm 最低水温预报为  $16.7^{\circ}\text{C}$ 、 $16.9^{\circ}\text{C}$ 、 $16.6^{\circ}\text{C}$ ，实测结果 3 层最低水温都是  $17.8^{\circ}\text{C}$ ，误差分别为  $1.1^{\circ}\text{C}$ 、 $0.9^{\circ}\text{C}$ 、 $1.2^{\circ}\text{C}$ 。

根据同样的原理也分别建立荔枝园、温室和香蕉园小气候要素的预报模式，并利用 Visual Basic6.0 在 Windows 平台上建立了业务系统操作过程自动化处理，标准化 Windows 应用界面，系统结构严谨、迎合潮流，设计面向非计算机专业的业务人员，界面规范、简洁、实用。每天根据天气预报，实时输出广东全省 86 个台站未来 3 天 6 种小气候类型的几十种农用小气候要素的预报值。

表 3 12 月份不同深度水温预报方程常数、系数项及效果检验

项目	水深 /cm	$B_0$	当日 $B_1$	前一天 $B_2$	前二天 $B_3$	前三天 $B_4$	$R$	$F$	平均绝对误差/ $^{\circ}\text{C}$	平均相对误差/%
平均温度/ $^{\circ}\text{C}$	5	10.252	0.15	0.208	/	0.15	0.979	211.955	0.366	2.1
	50	10.490	/	0.314	/	0.15	0.970	223.569	0.446	2.5
	100	10.398	0.13	0.215	/	0.16	0.979	206.803	0.374	2.1

/ 表示该因子没有入选逐步回归方程。

### 3 问题与讨论

(1) 根据农田小气候观测资料建立的农用天气预报模式, 从实际检验来看, 在观测地点附近地区具有较高的精度, 预报模型如果在粤北山区等地形复杂的地区应用, 其预报精度将受到一定的影响, 需要在不同地区, 针对不同的农田小气候类型开展实际观测, 建立适合当地特点的农用天气预报模型。

(2) 鱼塘水温、蔬菜地地温等预报模型可以根据其温度滞后性、热传导性以及辐射、热量平衡等原理建立数值预报模型, 以便在未能开展当地农田小气候观测的地区使用。

(3) 根据精细农业的需求, 有些高产值的农业品种对小气候要素非常敏感, 如有些作物的病虫害, 尤其是病害, 只要有几个小时适合的小气候环境, 就可能导致一些病害的发生, 这就需要更为精确的小气候要素的

预报, 有待今后进一步加强。

### 参考文献

- 1 王隼棠, 冯定原, 张宏铭等. 农业气象预报概论. 北京: 农业出版社, 1991: 133~135.
- 2 冯秀藻, 陶炳炎. 农业气象学原理. 北京: 气象出版社, 1991: 134~150.
- 3 蔡文华, 李文. 用地理因子模拟年极端最低气温模式的探讨. 气象, 2002, 29(7): 31~34.
- 4 陈百炼. 降水温度分县客观预报方法研究. 气象, 2003, 29(8): 48~51.
- 5 屠其璞, 王俊德, 丁裕国等. 气象应用概率统计学. 北京: 气象出版社, 1984: 130~147.
- 6 田奇卓, 元新华, 王俊领等. 稻茬麦田土壤温度变化特点的研究. 山东农业大学学报, 1998, 20(3): 395~398.
- 7 翁笃鸣. 试论总辐射的气候学计算方法. 气象学报, 1964, 34(3): 304~314.
- 8 肖明, 钟俊平, 赵黎等. 棉田土壤温度与气温的关系及膜地增温效应对有效气积温的补偿作用的研究. 新疆农业大学学报, 1998, 21(4): 257~260.
- 9 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法. 北京: 气象出版社, 1995: 58~100.