

# 荔枝越冬期间冠层气温与 大气温度关系的初步分析

谭宗琨<sup>1</sup> 何 鹏<sup>2</sup> 尤明双<sup>2</sup> 杨 鑫<sup>1</sup> 欧钊荣<sup>1</sup> 黄兴春<sup>2</sup>

(1. 广西区气象减灾研究所, 南宁 530022; 2. 广西灵山县气象局)

**提 要:** 基于野外实测数据,按晴天、阴天、雨天、多云到晴等天气类型,分析 2007/2008 年、2008/2009 年冬季荔枝果园大气温度、冠层气温与观测站大气温度的变化关系,结果表明:晴天荔枝冠层温度昼夜变化最为剧烈,多云到晴天气次之,阴天和雨天冠层大气温度变化相对平缓;果园和观测站大气温度昼夜变化同样与天气类型有关。按天气类型分别建立的观测站与荔枝冠层之间的夜间、白天和全天大气温度线性、曲线回归关系模型表明:阴天和雨天模型效果好于多云到晴、晴天天气,夜间模型好于全天和白天。这一结果对应用观测站大气温度开展荔枝寒害冻害监测有参考作用。

**关键词:** 荔枝 冠层气温 大气温度 寒害 冻害 天气类型

## Analysis on the Relationship Between Litchi Canopy Temperature and Air Temperature in Winter

Tan Zongkun<sup>1</sup> He Peng<sup>2</sup> You Mingshuang<sup>2</sup> Yang Xin<sup>1</sup> Ou Zhaorong<sup>1</sup> Huang Xingchun<sup>2</sup>

(1. Guangxi Institute of Meteorology, Nanning 530022; 2. Guangxi Lingshan County Meteorological Station)

**Abstract:** The relationships among the air temperatures of litchi orchard, canopy and observation station in four weather types, i. e. the sunny, cloudy, rainy, and cloudy to sunny cases were analyzed based on field data in winter, 2007/2008 and 2008/2009. The results showed that the canopy temperature changes between daytime and nighttime were the largest in the sunny case, in the cloudy to sunny case the temperature changes between daytime and nighttime were the second, however, in the cloudy or rainy case the temperature changes between daytime and nighttime were smoothly. In the same time, the orchard and observation station temperature changes between daytime and nighttime were closely related with weather types. The linear or curvilinear

基金项目: 国家科技支撑项目课题“华南寒害监测预警技术研究”(2006BAD04B03)和“亚热带主要农作物寒害冻害评估及监测预警技术研究”(2008BADB8B01)联合资助

收稿日期: 2008 年 6 月 5 日; 修定稿日期: 2009 年 5 月 11 日

regression relationships of observation station and canopy temperatures were set up for daytime and nighttime and the whole day based on different weather types. The results showed that the relationship models for cloudy and rainy cases and advection cold chilling were better than sunny and cloudy to sunny cases. In all models, the models of nighttime were the best. The results of this research show that it is feasible to monitor litchi cold chilling and frozen injury with air temperature of observation station.

**Key Words:** litchi canopy temperature air temperature cold chilling frozen injury weather type

## 引 言

寒害冻害是荔枝等亚热带果树的主要气象灾害之一。长期以来,由于受到气象观测台站的分布及天气预报服务对象主要是以县域为单元设置等因素影响,荔枝等亚热带果树遭受冬季寒害冻害影响等级指标的制订,以及开展荔枝寒害冻害监测、损失评估及果树专项气象服务等,多是以县(市)气象站实际观测资料为依据。但据对历年气象实况资料和寒害冻害调查资料的分析,发现多数气象台站近 10 年来由于受到观测环境变化,特别是城市快速发展,城市“热岛”效应等因素影响,应用台站气象资料已很难真实地反映出越冬大田作物遭受寒害冻害的实际情况。蔡文华等<sup>[1-2]</sup>、庞庭裕等<sup>[3]</sup>通过大量的调查及观测,发现不同果树生长环境,气象资料差异明显。对此,孟平、郭家选、段永红等<sup>[4-6]</sup>基于野外实测数据,开展了农作物冠层温度与气温、土壤温度、土壤水分等环境因子变化关系的研究,为利用气象台站资料开展干旱监测服务提供了借鉴。目前,关于利用气象台站观测资料开展农作物寒害、冻害监测服务的研究报道尚少。鉴于荔枝等亚热带农作物冠层是遭受寒害冻害最先表现的部位,本文拟利用野外观测资料,探讨荔枝冠层温度与大气温度的变化,以便为应用气象部门实测资

料和天气预报结论开展荔枝寒害冻害监测、预警、灾损评估及指导果农防灾减灾提供依据。

## 1 试验和方法

### 1.1 试验

试验于 2007 年 9 月至 2009 年 3 月在广西荔枝生产大县——灵山县开展。果园位于灵城镇三多村,与县气象局直线距离约 3km,果树树龄为 8 年生,面积约 2hm<sup>2</sup>。在果园内安装美国生产的 HOBO Pro 温湿度自动记录仪,分别在树冠 2/3 高和地面 1.5m 高安置温度探头,其中 1.5m 高的温度探头及记录仪按气象部门仪器安装设置要求,增加防辐射装置。温度记录时间设置间隔为 30min。

同期的大气温度资料来源于灵山县气象局观测场内的自动气象站资料。

### 1.2 研究方法

根据灵山县气象局实况观测资料,按《地面气象观测规范》将 2007/2008、2008/2009 年冬季天气状况划分为晴天、阴天、晴到多云、雨天等天气类型,分析果园大气温度、树冠温度与气象观测站大气温度的变化规律及其相互关系。在此基础上,采用线性和曲线回归方法分别建立各种天气类型下的荔枝冠

层温度与大气温度的关系模型。并应用同期观测资料验证模型监测效果。

## 2 结果与分析

### 2.1 果园大气温度、树冠温度与气象观测站大气温度的日变化

#### 2.1.1 典型晴天和多云转晴的果园大气温度、树冠温度与气象观测站大气温度日变化

图 1(a、b、c)分别是 2007 年 11 月 29 日、2008 年 1 月 10 日和 2009 年 1 月 11 日冬季典型晴天状况下果园大气温度、树冠温度与观测站大气温度的日变化曲线。从图 1 可以看出,在典型晴天状况下,荔枝冠层温度昼夜

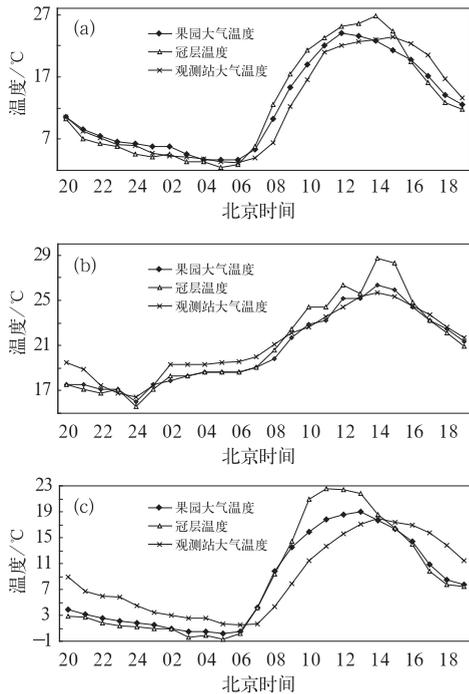


图 1 果园大气温度、树冠温度与观测站大气温度的日变化曲线

(a) 2007 年 11 月 9 日; (b) 2008 年 1 月 10 日;  
(c) 2009 年 1 月 11 日

变化最为激烈,晚间及早上 08 时前后,冠层温度分别低于果园大气温度和观测站大气温度,而在 09—17 时之间,尤其是午后 14—15 时,冠层温度则明显高于果园大气温度和观测站大气温度,冠层温度日较差达 13.9~22.8℃;而气象观测站的大气温度昼夜变化较为平缓,晚间及早上 10 时前后各时次温度值均高于果园大气温度和冠层温度,10—17 时之间各时次温度值则低于果园大气温度和冠层温度,日较差为 8.5~16.7℃;果园大气温度昼夜变化则处于两者之间。值得指出的是,不同时期果园大气温度、树冠温度与观测站大气温度日极值出现时间存在一定的差异,特别是荔枝冠层温度极值出现的时间跳跃性最大,这可能与不同时期太阳辐射量、空气湿度及空气扰动导致热量交换频繁等因素有关。比较各月典型晴天状况下果园与观测站的大气日平均温度,结果发现观测站的大气日平均温度与果园大气日平均温度相比偏高 0.42~0.44℃。

野外实测资料表明,在多云转晴的天气状况下,荔枝冠层温度、果园大气温度和观测站大气温度的昼夜变化规律与晴天状态下类似,但极值出现的时间差异较为明显,而且各时次的温度变化幅度较典型晴天状态下小,其中荔枝冠层温度日较差比晴天状况下小 3.2~5.5℃;果园和观测站的大气温度日较差较晴天状况下小 2.8~3.6℃。这显然与多云转晴的天气状况下地球表面所获得太阳的总辐射量和地球射出长波辐射均比晴天状况下少有直接的关系。比较各月多云转晴的天气状况下果园与观测站的大气日平均温度,发现观测站的大气日平均温度同样存在比果园大气日平均温度偏高 0.38~0.45℃的现象。

2.1.2 典型阴天和雨天果园大气温度、树冠温度与气象观测站大气温度的日变化

表 1 是 2007 年 12 月 17 日、2008 年 1 月 13 日和 2 月 6 日典型阴天状况下和 2007 年 12 月 23 日、2008 年 1 月 26 日和 2009 年 1 月 26 日雨天状况下的果园大气温度、树冠温度与气象观测站大气温度的逐小时观测值。从

表 1 可以看出,在冬季典型阴天下,荔枝冠层、果园大气和观测站大气各时次的温度变化趋势比较一致,而且各时次的温度值比较接近,其中观测站日平均气温比果园大气日平均气温偏高仅为 0.1~0.2℃。这可能与阴天状况下获取太阳辐射能量和地球表面射出长波辐射能量都明显少于多云转晴或晴天有关。

表 1 冬季典型阴天和雨天状况下果园大气温度、冠层温度与观测站大气温度变化差异的比较

天气类型	日期 日/月/年	观测时次																								
		21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
阴天	17/12/07	果园	7.8	7.0	6.6	6.6	6.2	5.4	4.6	4.6	3.7	4.2	3.7	4.2	4.6	5.0	5.4	6.2	5.8	7.4	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.0
		冠层	7.8	7.0	6.6	6.2	5.8	4.2	4.2	3.7	2.9	3.7	3.7	3.7	4.6	5.4	5.4	6.6	6.2	8.2	8.2	8.6	8.2	7.8	7.8	6.6
		大气	7.9	6.8	6.9	6.4	6.3	5.2	4.8	4.7	4.4	4.3	4.3	4.5	5.1	5.2	5.6	5.6	6.3	7.5	7.8	8.8	8.3	8.2	7.8	7.3
	13/1/08	果园	22.1	21.7	20.2	17.9	16.0	14.9	14.1	13.3	12.6	12.2	11.8	11.0	11.0	10.2	10.2	9.8	10.2	9.8	10.2	9.8	9.0	8.2	7.8	7.4
		冠层	21.7	21.7	19.8	17.1	15.6	14.5	13.7	12.9	12.2	11.8	11.8	11.0	11.0	10.2	10.6	10.6	11.0	10.2	11.0	10.2	9.0	8.2	7.8	7.4
		大气	22.8	22.9	20.1	18.0	16.2	15.3	14.6	13.6	12.7	12.5	12.3	11.6	11.3	10.3	10.3	10.0	9.9	9.9	9.8	6.8	9.3	8.5	8.2	8.0
	6/2/08	果园	7.8	7.8	7.8	7.8	7.4	7.4	7.0	6.6	6.2	6.2	5.8	5.8	5.8	6.6	7.0	8.2	9.8	10.6	11.0	10.2	10.2	9.4	9.0	8.2
		冠层	7.8	7.8	7.8	7.8	7.4	7.0	7.0	6.6	6.2	6.2	5.8	5.8	6.2	7.4	7.8	9.4	11.0	12.9	12.2	11.4	10.6	9.8	9.0	8.2
		大气	8.4	8.4	8.3	8.1	7.8	7.6	7.3	6.9	6.7	6.4	6.2	6.1	6.2	6.8	7.2	8.1	9.0	9.8	10.2	10.3	10.4	9.9	9.0	8.6
23/12/08	果园	13.3	13.3	13.3	13.3	12.9	12.9	12.9	12.2	11.8	11.8	11.4	11.4	11.8	11.8	11.8	11.8	12.2	12.2	12.6	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	
	冠层	12.9	13.3	13.3	12.9	12.9	12.9	12.2	12.2	11.4	11.8	11.4	11.4	11.8	11.4	11.4	11.4	12.2	12.2	12.6	12.2	12.2	11.8	11.8	12.2	
	大气	14.2	14.2	13.8	13.6	13.4	13.2	13.2	12.8	12.3	12.4	12.3	12.3	12.7	12.8	12.5	12.8	12.7	12.6	12.6	13.0	13.2	13.0	12.8	12.7	
雨天	25/1/08	果园	4.6	5.0	5.0	5.0	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.2	3.7	3.7	3.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	3.7	3.7	3.3	3.3	3.3
		冠层	4.6	4.6	4.6	5.0	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	3.7	3.7	3.7	3.7	4.2	4.2	4.2	4.2	3.7	3.3	3.3	2.9	2.9
		大气	5.2	5.4	5.4	5.4	5.3	5.2	5.3	5.4	5.4	5.1	4.8	4.6	4.5	4.5	4.6	4.7	4.6	4.6	4.5	4.4	4.2	4.0	3.9	3.9
	26/1/09	果园	4.7	4.3	4.2	4.3	4.3	4.5	4.5	4.6	4.8	5.0	5.0	5.3	5.7	5.7	6.3	6.5	6.8	7.3	7.9	7.5	6.9	6.6	6.6	6.6
		冠层	5.0	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.7	4.8	4.9	5.2	5.1	5.3	5.7	5.8	6.1	6.3	6.5	6.9	7.2	7.0	6.6	6.2	6.2	6.2
		大气	4.8	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.5	4.7	4.8	4.9	5.1	5.3	5.8	6	6.2	6.5	6.7	6.6	6.4	6.2	6	6

而在雨天状况下,荔枝冠层、果园大气和观测站大气各时次的温度变化规律差异较大。如 2007 年 12 月 23 日和 2008 年 1 月 26 日,观测站大气各时次温度明显高于荔枝冠层温度和果园大气温度,而且日平均气温与果园大气温度相比,偏高幅度达 0.58~0.64℃,日最高温度出现在前半夜。而 2009 年 1 月 26 日荔枝冠层、果园大气和观测站大气各时次的温度变化规律与典型晴天状况下类似,但日最高气温却出现在 17 时前后,荔枝冠层、果园大气与观测站大气温度的转折

时段也存在一定的差异。从日平均状态看,观测站大气温度比果园高 0.26℃。

据逐小时雨量观测资料记录:2007 年 12 月 23 日 20 时至次日 20 时总雨量为 11.0mm,降水时段为 06 时至次日 16 时;2008 年 1 月 26 日 20 时至次日 20 时总雨量为 43.0mm,降水时段为 21 时至次日 19 时;2009 年 1 月 26 日 20 时至次日 20 时总雨量为 10.0mm,降水时段为 21 时至次日 14 时。显然,荔枝冠层、果园大气和观测站大气各时次的温度变化与降雨的起始时段、持续时间长短等因素有关。一般

说来,广西冬季降水主要受南支槽与锋面等天气系统影响,南支槽前的西南暖湿气流相对较强,水汽含量较充沛,降水强度较大,反之,以阵雨或间歇性降雨为主。而区域性的降雨起止时间、持续时间长短等既与南支槽与锋面的交绥时间有关,还与天气系统的稳定程度等有关。

## 2.2 荔枝冠层温度与观测站大气温度的变化关系模型

根据 2007/2008、2008/2009 年度荔枝冠

层与观测站的各时次大气温度变化特点,分别应用线性和曲线回归方法建立不同天气类型下的冠层温度与观测站大气温度的夜间、白天和全天关系模型。结果如表 2。

从表 2 各模型的相关系数及平均绝对误差可以看出,不同天气类型下荔枝冠层夜间温度与观测站大气夜间温度的变化关系模型效果最好,平均绝对误差最小;而荔枝冠层白天温度与观测站大气白天温度的变化关系模型效果最差,这与荔枝冠层白天温度变化较剧烈有密切的关系。

表 2 不同天气类型下的荔枝冠层温度与观测站大气温度的变化关系模型

天气类型	时段	模型	相关系数	平均绝对误差/℃	F 或 t 显著性检验
晴天	夜间	$T_c = -0.011Ta^2 + 1.2104Ta - 1.1407$	$R^2 = 0.9805$	0.84	***
	白天	$T_c = 0.0332Ta^2 - 0.2824Ta + 12.885$	$R^2 = 0.7577$	1.74	***
	全天	$T_c = 0.9509Ta^{1.0181}$	$R^2 = 0.9319$	1.62	***
多云转晴天	夜间	$T_c = 1.0023Ta - 0.4129$	$R^2 = 0.9772$	0.32	****
	白天	$T_c = 7.2491e^{0.0532Ta}$	$R^2 = 0.7374$	1.81	***
	全天	$T_c = 0.7667Ta^{1.1049}$	$R^2 = 0.9302$	1.22	***
阴天	夜间	$T_c = 0.9807Ta^{-0.3916}$	$R^2 = 0.9962$	0.23	****
	白天	$T_c = 0.9597Ta^{1.0399}$	$R^2 = 0.8129$	0.72	***
	全天	$T_c = -0.0123Ta^2 + 1.2743Ta - 1.361$	$R^2 = 0.9551$	0.58	***
雨天	夜间	$T_c = 0.9809Ta - 0.5251$	$R^2 = 0.9976$	0.16	****
	白天	$T_c = 2.6757e^{0.1275Ta}$	$R^2 = 0.9467$	0.59	***
	全天	$T_c = 0.0169Ta^2 + 0.7036Ta + 0.828$	$R^2 = 0.9494$	0.56	***

显著性水平: \*\*\* $\alpha = 0.01$     \*\*\*\* $\alpha = 0.001$

值得指出的是,在不同天气类型下,应用果园大气温度与荔枝冠层温度建立相应的关系模型,模型效果明显好于应用观测站大气温度与荔枝冠层温度所建立的关系模型,这是因为果园大气温度比观测站大气温度更能真实地反映自然状态下温度的缘故。

## 2.3 模型效果检验

应用表 2 不同天气类型下的荔枝冠层温度与观测站大气温度的变化关系模型,分别模拟 2007/2008、2008/2009 年冬季期间各天气类型下来宾、南宁、灵山等地果树冠层逐时

大气温度。结果表明:在阴天状况下,果树冠层逐时实测温度与大气台站实测温度的差值变化幅度为  $0.2 \sim 1.5^\circ\text{C}$ ,而果树冠层模拟温度与果树冠层逐时实测温度的差值变化幅度为  $0.02 \sim 1.12^\circ\text{C}$ ,各时次的平均差值下降了  $0.25^\circ\text{C}$ ;在晴天状况下,果树冠层逐时实测温度与大气台站实测温度的差值变化幅度最大为  $6.2^\circ\text{C}$ ,而应用模型模拟冠层温度与果树冠层逐时实测温度的差值变化幅度最大为  $4.8^\circ\text{C}$ ,各时次的平均差值下降了  $0.45^\circ\text{C}$ 。对晴到多云或雨天而言,应用模型模拟冠层温度与果树冠层逐时实测温度的差值与各时

次的平均差值下降为  $0.27 \sim 0.42^{\circ}\text{C}$ 。

鉴于 1999 年 12 月 20—28 日广西出现有气象记录以来罕见的持续霜冻、冰冻天气

期间缺乏冠层实测温度,拟以各地荔枝、龙眼等亚热带果树受害文献记录及荔枝、龙眼寒害等级指标作为参照(见表 3)。

表 3 荔枝、龙眼寒害冻害等级指标

日最低气温/ $^{\circ}\text{C}$		寒害特征	等级
龙眼	荔枝		
$-1.5 \leq T_D \leq 5$	$-2.0 \leq T_D < 5.0$	幼苗及成年树叶片、嫩梢受害	1 级(轻)
$-2.5 \leq T_D < -1.5$	$-3.0 \leq T_D < -2.0$	30%以上叶片受害,1 年生枝条受冻	2 级(中)
$-3.5 \leq T_D < -2.5$	$-4.0 \leq T_D < -3.0$	50%以上叶片受害,2 年生枝条受冻	3 级(重)
$T_D < -3.5$	$T_D < -4.0$	80%以上叶片受害,主枝受冻或死亡	4 级(严重)

根据文献资料[8~10],1999 年 12 月下旬期间,南宁、来宾等龙眼枝条及主杆出现干枯、死亡现象,根据荔枝、龙眼寒害指标,果园大气最低温度最少应低于  $-2.5^{\circ}\text{C}$ ;而灵山县

30%的荔枝叶片不同程度受灾,对应的日最低气温应在  $-2.0^{\circ}\text{C}$  以下。从模型模拟效果看(详细见表 4),与实况较为吻合。

表 4 广西来宾、南宁、灵山等地 1999 年 12 月 20—28 日逐日最低气温及冠层气温模拟(单位: $^{\circ}\text{C}$ )

日期	来宾		南宁		灵山	
	大气观测值	冠层气温模拟	大气观测值	冠层气温模拟	大气观测值	冠层气温模拟
20	5.8	5.5	6.9	6.7	7.3	7.1
21	3.2	2.6	1.7	0.9	4.2	3.7
22	2.9	2.3	2.8	2.2	4.1	3.6
23	-1.2	-2.6	-1.9	-3.5	-1.2	-2.6
24	0.2	-0.9	-1.1	-2.5	0.3	-0.8
25	0.4	-0.7	0.6	-0.4	0.9	-0.1
26	0.6	-0.4	0.7	-0.3	1.6	0.8
27	1.5	0.7	0.7	-0.3	3.2	2.6
28	10.9	10.7	10.6	10.5	11.2	11.0

### 3 结论与讨论

连续两年冬季实测数据表明,观测站点的大气温度比荔枝果园等环境下的大气温度偏高,而且气温偏高的幅度大小与天气类型密切相关。而应用不同天气类型下的观测站点大气温度与荔枝冠层大气温度关系模型来模拟果树冠层大气温度,可在一定程度上缩小观测站大气温度与果树冠层大气温度的偏差,使得应用台站观测资料开展寒害、冻害监测成为可能。但是,由于辐射降温引起的霜

冻冰冻灾害空间分布具有很强的地域性,即地形、地貌、下垫面地物状况、海拔高度等因素都直接影响到霜冻、冰冻灾害的形成和强度,而本文所建立的线性或曲线回归模型并没有考虑到上述因素。因此,开展荔枝等亚热带作物冬季寒害冻害监测、评估等服务,还需要进一步综合地理信息、遥感信息等,才能提高监测的精度和灾情评估的准确性。

### 参考文献

- [1] 蔡文华,张辉,林新坚,等. 几种果树防冻措施效果的观测分析[J]. 气象,2005,31(12): 77-80.

- [2] 蔡文华,林新坚,张辉. 福鼎市冬季坡地低温考察和龙眼、荔枝园地选择[J]. 气象,2005,31(9):79-82.
- [3] 庞庭颐. 荔枝等果树的霜冻低温指标与避寒种植环境的选择[J]. 广西气象,2000,21(1):12-14.
- [4] 孟平,张劲松,高峻,等. 苹果冠层大气温度变化及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报,2008,18(9):2030-2034.
- [5] 郭家选,梅旭荣,卢志光. 冬小麦冠层温度及其影响因素探析[J]. 中国农业生态学报,2003,11(3):24-26.
- [6] 段永红,李本纲,陶澍. 冬小麦田午时冠层温度与气温和地温的关系[J]. 应用气象学报,2003,14(3):356-361.
- [7] 刘可群,黎明锋,杨文刚. 大棚小气候特征及其与大气气候的关系[J]. 气象,2008,34(7):101-107.
- [8] 谭宗琨,何燕,欧钊荣,等. “禾荔”荔枝果实发育进程与温度条件的关系[J]. 气象,2006,32(12):96-101.
- [9] 石培华,梅旭荣,冷石林,等. 冠层温度与冬小麦农田生态系统水分状况的关系[J]. 应用生态学报,1997,8(3):332-334.
- [10] 刘学著,张连根,周守华. 基于冠层温度的冬小麦水分胁迫指数的实验研究[J]. 应用气象学报,1995,10(4):449-453.
- [11] 崔晓,许利霞,袁国富,等. 基于冠层温度的夏玉米水分胁迫指数模型的试验研究[J]. 农业工程学报,2005,22(8):34-36.
- [12] 刘云,宇振荣,孙丹峰. 冬小麦冠气温差及其相关影响因素关系研究[J]. 灌溉排水学报,2004,23(1):30-35.
- [13] 何燕,谭宗琨. 1999年严重霜冻、冰冻天气对广西农业的影响[J]. 广西气象,2000,21(1):6-8.
- [14] 李月兰. 论龙眼、荔枝生产的若干农业气象问题及对策[J]. 广西气象,2000,21(1):43-46,52.
- [15] 刘甜甜,郭海峰,禹伟,等. 洞庭湖区的气温特征及其对湖南气温分布的影响[J]. 气象,2008,34(10):108-114.