

DOI: 10.3969/j.issn.2095-3704.2013.01.025

晚稻大田气温变化特征及其与气象站气温的关系

杨爱萍¹, 杜筱玲², 刘文英¹

(1. 江西省气象台, 江西 南昌 330046; 2. 江西省气象局, 江西 南昌 330046)

摘要: 采用 2010—2012 年南昌晚稻大田气温监测资料与附近气象站的同期监测资料, 根据气象特征将其分为晴天、多云、阴天、雨日 4 种天气类型, 根据晚稻大田气温的变化特征, 以及稻田与气象站气温的关系, 拟建立不同天气类型下两者的转换模型。结果表明, (1) 稻田的日最低气温一般出现在早晨 06:00 左右, 日最高气温大约出现在 14:00; 其中, 06:00—14:00 为气温上升阶段, 14:00—19:00 为快速下降阶段, 19:00 至次日 06:00 为缓慢下降阶段。(2) 各个时次的稻田气温均比气象站低, 尤其在晴天或多云时稻田气温偏低更加明显。(3) 晴天、多云、阴天、雨日稻田日均气温比气象站气温分别偏低了 1.7 °C、1.2 °C、0.8 °C、0.5 °C, 但两者的变化趋势是一致的。(4) 多云类型的稻田日均气温转换模型效果较好, 晴天次之, 阴天、雨日的转换模型还需进一步改善。

关键词: 稻田气温; 变化特征; 转换模型

中图分类号: P423.3 文献标志码: A 文章编号: 2095-3704 (2013) 01-0105-06

Characters of Temperature Change in Late Maturing Rice Field and the Relationship with the Neighboring Weather Station

YANG Ai-ping¹, DU Xiao-ling², LIU Wen-ying¹

(1. Jiangxi Meteorological Observatory, Nanchang 330046, China; 2. Jiangxi Meteorological Bureau, Nanchang 330046, China)

Abstract: Based on the observed temperature of late maturing rice field and neighboring weather stations during the late maturing rice growing season from 2010 to 2012, the characteristic of late maturing rice field temperature and the relationship with the temperature observed in Nanchang weather station are studied. The result indicates that: (1) the temperature at about 6 a.m. in the late maturing rice field usually is the lowest in a day, while at about 2 p.m. is the highest. The temperature often climbs up from 6 a.m. to 2 p.m. in a day. And it drops down fast during 2 p.m. to 7p.m., and slowly from 7 p.m. to 6 a.m. in the next day. (2) The temperature in the late maturing rice field is lower than which observed in the neighboring weather station, especially, in the sunny days and the cloudy days. Therefore, the data from weather stations should be adjustment appropriately according to the weather conditions and the specific time in the day when is applied to analyze the microclimate in the field. (3) The daily average temperature in the late maturing rice field is about 1.7 °C、1.2 °C、0.8 °C、0.5 °C lower than which in the neighboring weather station, but the changing trend is the same. The correlation models between temperature in the field and in the weather station are set up, and tested by ΔT , which means the difference between the temperature in the late maturing rice field and in the weather station. (4) The testing result shows that the application effect of the model for the cloudy days is the best, sunny days is next, and the others require a further study.

Key words: Temperature in late maturing rice field; Variation characteristics; Correlation model

大田气温是影响晚稻生长发育与产量形成的关键因子之一^[1-4]。但稻田气温数据获取困难; 目前我

收稿日期: 2013-01-22

基金项目: 华中区域气象中心科技发展基金项目资助 (QY-T-201301)

作者简介: 杨爱萍, 女, 工程师, 硕士, 主要从事应用气象研究, E-mail: yap1114@163.com.

国气象站的气温数据准确、详尽，在农业防灾减灾及相关科学研究工作中，一般被用以代替邻近稻田的气温。然而，由于气象站与农田的下垫面不同，气象站资料反映的气温变化特征与农田小气候有差异。分析稻田气温变化特征时，若简单套用气象站资料，容易对防灾减灾、农业科学研究结果造成影响^[5]。

20 世纪 80 年代开始，国内外开展了大量的农田小气候分析及其与气象站数据关系的定量化应用研究^[6-17]。如王江等^[5]选取 6 个冬小麦品种，分析越冬期、拔节后、孕穗期、扬花期和灌浆期 5 个时期内作物活动面温度、活动面相对湿度和田间地面温度与相同时间气象站数据的相关关系。魏瑞江、王春乙等^[7]利用回归分析方法，分析了冬季日光温室内温度、湿度、辐射等与附近气象站观测资料的关系，建立了温室内外气象要素的相关模型。张永红等^[9]应用界壳理论探讨了设施农业与气象的关系。李军等^[13]研究了上海四连栋塑料温室内外温湿度的相关模型。但目前这方面的研究以小麦田、日光温室、作物大棚等为主，尚未见稻田气温与气象站气温关系研究的相关报道。

因此，本文采用 2010—2012 年晚稻大田气温监测资料与邻近气象站的同期监测资料，按晴天、多云、阴天、雨日等 4 种天气类型，分析稻田气温的变化特征，及其与气象站气温的关系，建立不同天气类型下稻田气温与气象站气温的转换模型。

1 材料与方 法

1.1 数据来源

稻田气温数据来源于江西省农业气象试验站。

数据采集器的型号为 WUSH-BA，架设于稻田中心位置；仪器距离地面的高度为 150 cm，与气象站距离地面的高度一致。传感器为 Vaisala HMP45D 温湿度传感器，数据传输频率为 1 次/10min。稻田与气象站的基本信息见表 1。

气象站监测数据来自稻田附近的江西省南昌县气象观测站，包括 2010—2012 年逐日 24 小时整点时次的气温资料。

表 1 水稻观测田与气象站的基本信息

项目	水稻观测田	气象站
经度 (E)	115°58'	115°57'
纬度 (N)	28°30'	28°33'
海拔高度/m	22.3	31.9
周围环境	连片的水稻田	稀疏草地、低矮建筑物

据水稻生长发育观测经验，田间 50%的晚稻进入分蘖期（即观测田为分蘖普期^[18]）之后，稻田才完全被植被覆盖，在此之前稻田处于水面、植被交错状态；前后时段内稻田下垫面有明显差异。为使研究时段内稻田下垫面状况一致，本文选择试验田进入分蘖普期后，成熟收割前（即 8 月—10 月中旬）的田间小气候数据进行分析。

1.2 天气类型划分方法

参考天气学标准，以日照时数与降水量作为划分依据，将 8—10 月的天气划分为晴天、阴天、多云和雨日四种天气类型^[19]。此外，考虑江西晚稻大田主要生育期内日蒸发量一般可达 5 mm 以上，5 mm 以下的日降水量对晚稻田田间小气候环境及作物生长的影响较小，因此本文将雨日标准调整为日雨量≥5 mm。晚稻大田主要生育期内天气类型划分标准见表 2。

表 2 晚稻大田主要生育期内天气类型划分标准

月份	晴天	多云	阴天	雨日
8 月	SS≥9.0 且 R≤5	9.0>SS≥2.5 且 R≤5	SS<2.5 且 R≤5	R≥5
9—10 月	SS≥8.0 且 R≤5	8.0>SS≥2.2 且 R≤5	SS<2.2 且 R≤5	R≥5

1.3 稻田与气象站整点温差的计算方法

$$\Delta T_j = T_j - T'_j \cdots (j = 00, 01, 02, \dots, 23) \quad (1)$$

式 (1) 中，j 为整点时次，依次取 00:00、01:00、02:00...23:00；T_j 为多日的第 j 时次稻田平均气温；T'_j 为多日的第 j 时次气象站平均气温；ΔT_j 为第 j 时次稻田与气象站整点温差。

1.4 稻田日均气温、稻田与气象站日均温差的计算方法

稻田日均气温的计算方法与地面气象观测中一致，即对每日 02:00、08:00、14:00、20:00 的气温取算术平均^[20]，计算公式如下：

$$\bar{T} = 1/4 \sum T_i (i = 02, 08, 14, 20) \quad (2)$$

式(2)中, i 表示整点时次, 依次取 02:00、08:00、14:00、20:00 共 4 个时次; T_i 表示整点时次的气温; \bar{T} 分别为稻田的日均气温。

$$\Delta\bar{T} = \bar{T} - \bar{T}' \quad (3)$$

式(3)中, \bar{T} 为稻田的日均气温; \bar{T}' 为气象站的日均气温; $\Delta\bar{T}$ 为稻田与气象站日均温差。

2 结果与分析

2.1 稻田气温日变化特征

从图 1 可以看出, 4 种天气类型中, 稻田的日最低气温一般出现在 06:00, 日最高气温大约出现在 14:00; 各个时次的稻田气温均比气象站低。这主要是由于一方面气象站下垫面是裸地, 而稻田是被植被完全覆盖的地面, 气象站与稻田下垫面不同所致。另一方面, 农田中的气温状况主要取决于农田吸收的净辐射及其分配情况。裸地的净辐射往往用于感热多, 潜热少; 而稻田净辐射用于潜热多, 感热少, 且一般植被的蒸腾耗热量要大于土壤的蒸发耗热量^[2]。此外, 阴雨天气稻田与气象站气温比

较接近, 晴天、多云、稻田气温与气象站气温差异较大, 这主要是由于天气类型, 稻田的蒸腾耗热量有所不同。阴雨天气, 一方面, 空气及植株周围水分较多, 水分能吸收大量的辐射能; 另一方面, 在植株叶片气孔的调节作用下, 水稻的蒸腾耗热量明显减少。因而造成阴、雨天时稻田与气象站的气温比较接近, 晴天、多云天气稻田与气象站的气温差异较大。

2.2 不同天气类型下各个阶段气温变化速率

图 1 可以看出, 4 种天气类型中, 06:00—14:00 为气温上升阶段, 14:00—19:00 为快速下降阶段, 19:00 至次日 06:00 为缓慢下降阶段。各个阶段气温的变化速率随不同的天气类型不同(见表 3)。晴天时各个阶段的气温变化速率最大, 尤其是 06:00—14:00 的上升阶段, 每小时气温约升高 1.0 °C; 多云时气温的变化速率比晴天偏小 0.1~0.2 °C/h; 阴、雨天天气下气温的变化比较缓慢, 变化幅度一般在 ±0.4 °C/h 之内, 尤其是雨日情况下 19:00 至次日 06:00 的气温基本无变化。

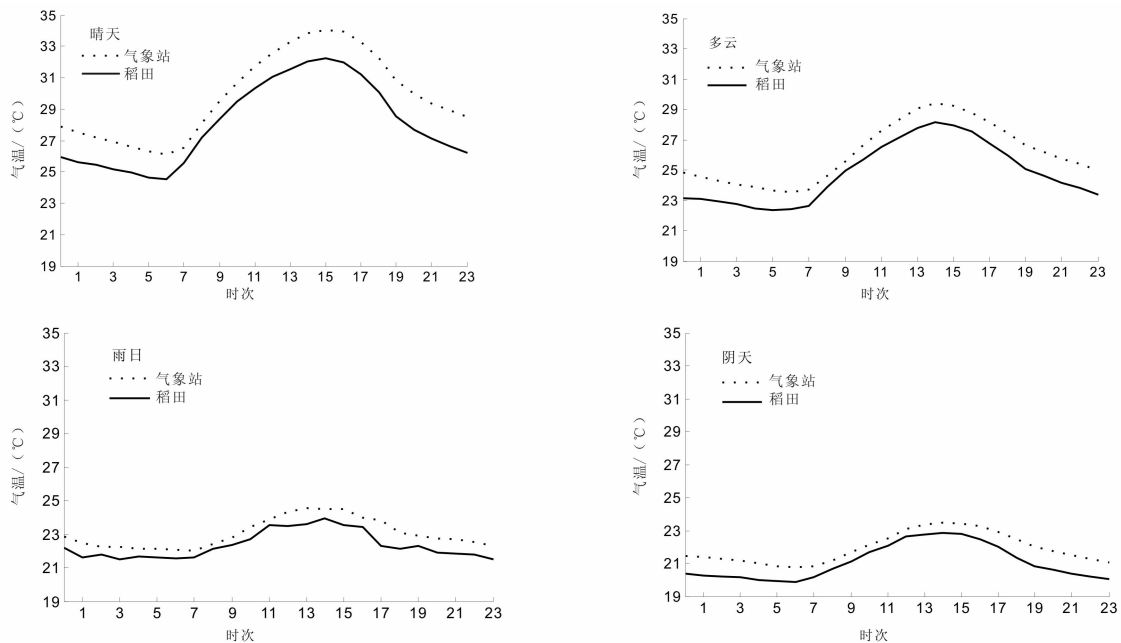


图 1 稻田与气象站的气温逐小时变化特征

2.3 不同天气类型稻田与气象站整点时次气温差

采用公式(1)计算不同天气类型 24 个时次的稻田与气象站整点温差, 结果如图 2 所示。图 2 表明, 4 种天气类型的 24 个时次中, 稻田与气象站气温差异的幅度均以 08:00 最小。此外, 晴天、多云、阴天 3 种天气类型, 稻田与气象站气温差异与昼、

夜交替有明显关系, 一般情况下 05:00—17:00 的气温差异比 18:00 至次日 04:00 的偏小。晴天的 18:00 一次日 04:00, 稻田比气象站的气温偏低 2.0~2.3 °C, 比白天时偏低明显; 多云时, 05:00—17:00 稻田比气象站温度低 0.6~1.4 °C, 其余时段偏低 1.3~1.7 °C; 阴天时, 05:00—17:00 稻田比气象站

温度低 0.4~0.9 °C，其余时段偏低 1.0~1.1 °C。而雨日稻田与气象站的温差主要与降水时段有密切关

系，降水过程影响时稻田的气温比气象站偏低 0.7~1.5 °C，其余时段偏低 0.3~0.6 °C。

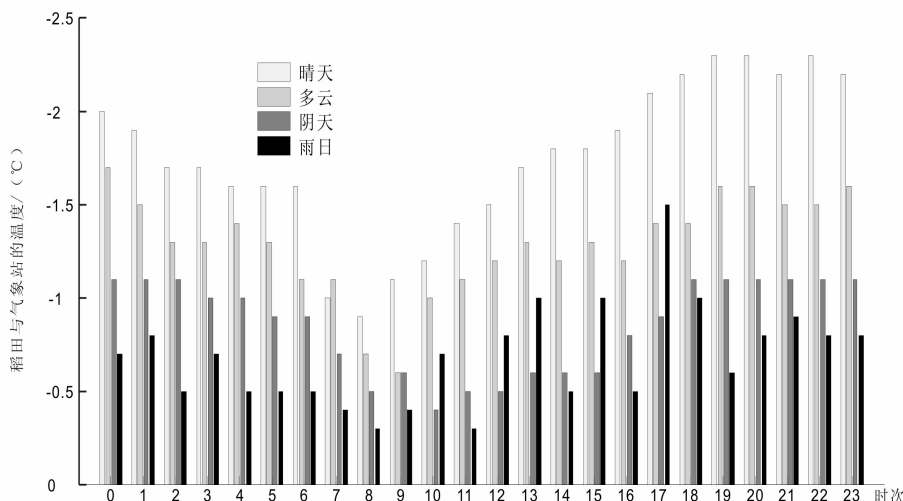


图2 不同天气类型稻田与气象站整点时次气温差

2.4 稻田与气象站的日均气温对比分析及转换

采用公式(2)计算稻田日均气温，再按公式(3)计算稻田与气象站日均温差，结果见表3。表3表明，晴天、多云、阴天、雨日四种天气类型下，稻田日均气温均比气象站的偏低，分别偏低了1.7 °C、

1.2 °C、0.8 °C、0.5 °C。稻田与气象站日均温差的变化幅度一般是晴天最大，多云次之，雨日最小。

虽然4种天气类型下稻田的气温与气象站气温有差异，但稻田气温变化趋势与气象站一致。日均气温的相关系数均达到0.98以上(见图3)。

表3 不同天气类型下各个阶段的气温变化速率 /°C·h⁻¹

天气类型	上升阶段 (06时~14时)	快速下降阶段 (14时~19时)	缓慢下降阶段 (19时~次日06时)
晴天	1.0	-0.7	-0.3
多云	0.8	-0.6	-0.2
阴天	0.4	-0.4	-0.1
雨日	0.3	-0.4	0

表4 不同天气类型稻田与气象站日均气温的温差比较 /°C

项目	晴天	多云	阴天	雨日
范围	-3.3~-0.1	-2.7~-0.1	-1.7~-0.1	-1.1~-0.1
平均值	-1.7	-1.2	-0.8	-0.5

因此，利用2010—2011年的稻田日均气温与气象站日均气温数据，以一元线性回归方程，按天气类型建立稻田与气象站的日均气温转换模型，结果如下所示：

$$T_S = 1.017T'_S - 2.205 \quad (4)$$

$$T_C = 1.009T'_C - 1.444 \quad (5)$$

$$T_O = 0.993T'_O - 0.661 \quad (6)$$

$$T_R = 0.973T'_R + 0.162 \quad (7)$$

式(4)~式(7)中， T_S 、 T_C 、 T_O 、 T_R 分别表示稻田日均气温， T'_S 、 T'_C 、 T'_O 、 T'_R 分别表示气象

站的日均气温。

按不同天气类型，分别计算逐日的稻田日均气温计算值与实际值之差(以 ΔT 表示)，分析四种天气类型的稻田日均气温转换模型效果，结果如表5所示。表5表明，多云类型的稻田日均气温转换模型效果较好，约有69%的样本满足 ΔT 绝对值 ≤ 0.5 ；晴天阴天类型满足 ΔT 绝对值 ≤ 0.5 条件的样本数占总样本数的50%左右，但由于阴天类型的样本总数较少(7个)，检验结果的可信程度受影响；雨日类型的转换模型效果不够理想，9个雨日中只有3个雨日的 ΔT 绝对值 ≤ 0.5 ，其余为0.6~1.6 °C。总体来

看，多云类型的稻田日均气温转换模型效果较好，

晴天、阴天、雨日的转换模型还需进一步改善。

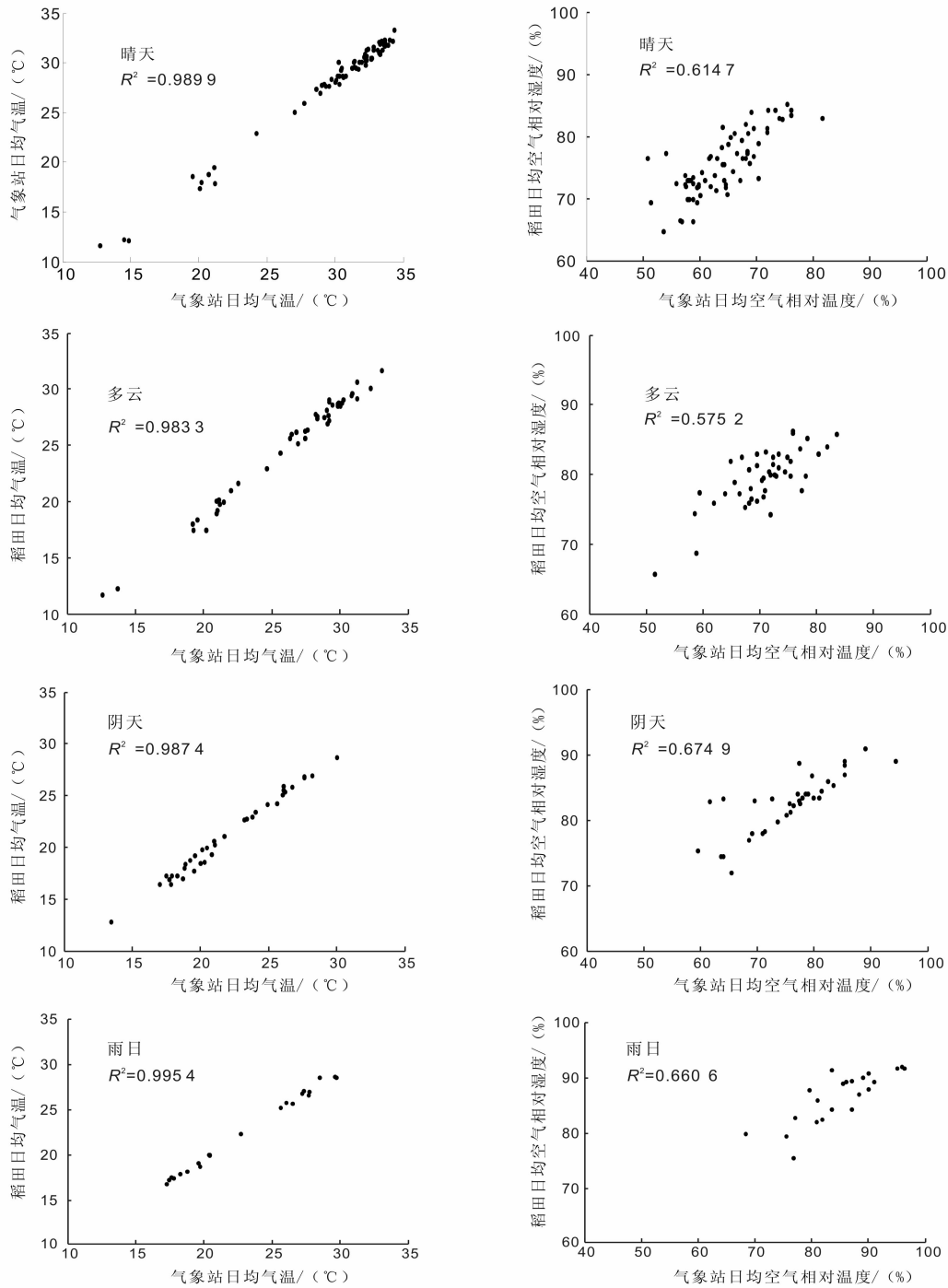


图3 不同天气类型稻田与气象站气温的关系

表5 不同天气类型稻田与气象站日均气温转换模型的检验

天气类型	ΔT 绝对值 ≤ 0.5		ΔT 绝对值 > 0.5	
	平均值/°C	样本数	平均值/°C	样本数
晴天	0.2	14	0.9	12
多云	0.3	20	1.0	9
阴天	0.3	3	0.8	4
雨日	0.2	3	1.1	6

3 结论与讨论

(1) 稻田的日最低气温一般出现在 06:00 左右, 日最高气温大约出现在 14 时; 其中, 06:00—14:00 为气温上升阶段, 14:00—19:00 为快速下降阶段, 19:00—次日 06:00 为缓慢下降阶段。

(2) 各个时次的稻田气温均比气象站低, 但阴雨天气时稻田与气象站的气温相对比较接近, 而晴天或多云时稻田气温偏低比较明显。4 种天气类型的 24 个时次中, 稻田与气象站气温差异均以 08:00 最小, 且稻田与气象站气温差异的变化幅度与昼、夜交替有明显关系, 一般情况下 05:00—17:00 时的气温差异比 18:00—次日 04:00 的偏小。

(3) 晴天、多云、阴天、雨日四种天气类型中, 稻田日均气温比气象站气温分别偏低 1.7 °C、1.2 °C、0.8 °C、0.5 °C。虽然四种天气类型稻田日均气温与气象站日均气温有差异, 但稻田日均气温的变化趋势与气象站是一致的, 可用一元线性回归方程, 按天气类型建立稻田与气象站的日均气温转换模型。

(4) 采用逐日的稻田日均气温计算值与实际值之差 (ΔT), 检验 4 种天气类型稻田日均气温转换模型效果, 结果表明, 多云类型的稻田日均气温转换模型效果较好, 晴天次之, 阴天、雨日的转换模型还需进一步改善。

综上所述, 稻田气温的变化随着天气类型、所处时刻等的不同有明显差异, 且稻田气温一般低于邻近的气象站气温。采用气象站气温数据分析稻田小气候时, 须根据所处的天气状况与具体时刻等进行适当调整, 或可采用本文提出的转换模型进行资料转换。然而, 本文提出的 4 种天气类型的稻田与气象站日均气温转换模型中, 多云类型的稻田日均气温转换模型效果较好, 其余 3 种天气类型的转换模型还需做进一步的研究与完善。

参考文献:

- [1] 黄寿波. 农田小气候[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2000: 7-16.
- [2] 韩湘玲. 作物生态学[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 166-173.
- [3] 翁笃鸣. 小气候和农田小气候[M]. 北京: 气象出版社, 1981: 230-236.
- [4] 王旭清, 王法宏, 任德昌, 等. 小麦垄作栽培的田间小气候效应及对植株发育和产量的影响[J]. 中国农业气象, 2003, 24(2): 5-8.
- [5] 王江. 冬小麦主要发育期农田小气候与大气气候相关规律的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2003.
- [6] 梁银丽, 张成焕. 冠层温度-气温差与作物水分亏缺关系的研究[J]. 生态农业研究, 2008, 8(1): 24-26.
- [7] 魏瑞江, 王春乙, 范增禄. 石家庄地区日光温室冬季小气候特征及其与大气气候的关系[J]. 气象, 2010, 36(1): 97-103.
- [8] 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.
- [9] 王敏仲, 魏文寿, 何清, 等. 南疆沙漠腹地夏季晴天与沙尘小气候观测对比分析[J]. 气象, 2008, 34(11): 7-14.
- [10] 卢皖. 人工覆盖栽培西瓜丰产早熟的小气候效应[J]. 气象, 1993, 19(1): 46-48.
- [11] 王铎, 张镔. 长江下游晚稻生长关键时段气候变异分析[J]. 气象, 1985, 11(8): 22-25.
- [12] 张永红, 葛徽衍, 贾金海. 从界定理论看设施农业专业预报的地位和作用[J]. 气象, 2002, 28(10): 57-58.
- [13] 李军, 杨秋珍, 吴元中. 非加温型四联动塑料温室内外温湿度关系研究[J]. 气象, 2005, 31(8): 22-25.
- [14] 许秀娟, 张嵩午. 冷型小麦灌浆期农田小气候特征分析[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 34-37.
- [15] 黄承标, 熊英, 洪玲, 等. 南宁市芒果园小气候特征及其相关模型研究[J]. 热带作物学报, 2003, 24(3): 36-40.
- [16] 罗冰. 红壤旱地的间作生态系统小气候特征分析[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(4): 634-638.
- [17] 肖金香. 烤烟烟田小气候特征的研究[J]. 江西农业大学学报, 1987, 9(1): 47-52.
- [18] 中央气象局. 农业气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 1997: 23-26.
- [19] 张皓, 李军, 杨婕, 等. 上海地区土壤水分月季变化特征分析[J]. 中国农业气象, 2009, 30(S1): 10-15.
- [20] 中央气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 1997: 34-41.
- [21] 钟阳和, 施生锦, 黄彬香, 等. 农业小气候学[M]. 北京: 气象出版社, 2009: 430-436.