

杨爱萍, 杜筱玲, 王保生, 等. 江西省多气象要素的柑橘冻害指标. 应用气象学报, 2013, 24(2): 248-256.

## 江西省多气象要素的柑橘冻害指标

杨爱萍\* 杜筱玲 王保生 郭瑞鸽 刘文英

(江西省气象台, 南昌 330046)

### 摘 要

针对近年来柑橘越冬期冻害的发生及灾害程度不单纯由低温决定及雨雪冰冻、干旱等与低温并发常使柑橘耐冻性降低、出现冻害加重, 该文利用气温、降水及其持续时间等构建了一组多气象要素的柑橘冻害指标, 包括单站冻害指数和区域冻害指数, 并结合单一气象要素的柑橘冻害指标, 利用江西省 1959—2009 年柑橘冻害实况对其进行检验。检验结果表明: 多气象要素的单站冻害指数计算结果中, 典型年份的单站冻害等级及典型县站的逐年冻害等级均与实况基本吻合, 相对于单一气象要素冻害指标, 该指数能够更好地反映冻害程度以及冻害空间分布特征; 逐年的江西省区域冻害等级与实况的吻合率约为 90%; 以 1992 年为例的典型冻害年份中, 江西省内分区的区域冻害等级与实况的吻合率约为 80%。因此, 该指标可应用于江西省柑橘种植区的越冬期冻害监测、评估及气候适宜性研究, 具有推广应用价值。

**关键词:** 柑橘冻害; 多气象要素冻害指标; 指标设计

### 引 言

柑橘是典型的亚热带多年生喜温常绿果树。在我国柑橘种植区, 越冬期冻害是柑橘生产的主要气象灾害之一。关于柑橘冻害指标已有不少研究, 多年来一直以极端最低气温  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-7^{\circ}\text{C}$ ,  $-9^{\circ}\text{C}$ ,  $-11^{\circ}\text{C}$  或负积温等温度指标来反映柑橘受冻程度<sup>[1-9]</sup>。但这些指标只能应用于分析单站的柑橘冻害程度, 对于区域的冻害指标研究较少。此外, 随着极端天气气候事件的增多, 近年来柑橘冻害的发生及程度不单纯由低温决定, 结冰、干旱等异常天气与低温并发常使柑橘耐冻性降低, 灾害加重<sup>[9-26]</sup>。如 2000 年、2008 年江西省除了极端最低气温较低的影响外, 日最低气温长时间在  $-1.5^{\circ}\text{C}$  左右徘徊; 该气温虽距柑橘受冻指标 ( $-11\sim-5^{\circ}\text{C}$ ) 相差较远, 但持续低温雨雪天气也是造成或加重柑橘冻害的重要因素之一。同时, 近年来柑橘越冬前期降水偏少, 早冻 (也称燥冻) 所造成的影响也较明显。如 1999 年冬季至 2000 年 1 月上旬江西、浙江等省部分地区持续

无雨, 橘园土壤长期处于干旱, 导致橘树正常生理代谢功能受到影响, 抵御灾害的能力降低, 造成了当年柑橘生产经济损失惨重。

针对诱发柑橘冻害的气候条件变化与新特点, 研究人员<sup>[9-24]</sup>开展了广泛的调查、研究。其中, 周建龙<sup>[10]</sup>通过对 1977 年、1991 年湖北郧县柑橘严重冻害进行调查分析后指出, 柑橘冻害天气气候上的特点主要是降温过程与阴雨雪天气持续时间长、秋冬持续干旱等。吴炳龙<sup>[16]</sup>以浙江丽水市为例, 选取实际气温远高于柑橘受冻的温度指标但柑橘却遭受冻害的年份, 分析柑橘受冻的天气原因, 发现气温变化幅度大、8 月一次年 1 月降水量持续偏少、空气相对湿度低是诱发柑橘冻害的重要原因; 并指出由于空气相对湿度低, 导致夜间在最低气温尚未达到柑橘冻害临界温度指标时, 地表温度已降至柑橘冻害临界温度以下, 如当最低气温为  $-1.5^{\circ}\text{C}$  时, 地表温度已降至  $-8.0\sim-4.5^{\circ}\text{C}$ 。然而现有的柑橘冻害指标多以单一的气温要素构建, 缺少综合气温、降水等多气象要素的柑橘冻害指标, 无法比较完整地体现导致柑橘冻害发生的天气气候特点。

2012-04-16 收到, 2012-11-30 收到再改稿。

资助项目: 中国气象局气象行业标准“柑橘冻害等级”项目 (QX/T-2010-17)

\* email: yap1114@163.com

本文结合柑橘生产情况与越冬期冻害影响期间的天气气候特征,在柑橘冻害指标相关研究的基础上,采用气温、降水及其持续时间等,构建一组判识单站冻害与区域冻害的多气象要素柑橘冻害指标,并利用江西省 82 个气象站资料,结合极端最低气温  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-7^{\circ}\text{C}$ ,  $-9^{\circ}\text{C}$ ,  $-11^{\circ}\text{C}$  的单一气象要素柑橘冻害指标与 1959—2009 年柑橘冻害实况,对指标进行检验。

## 1 资料与方法

### 1.1 数据来源及说明

气候数据来自江西省气象站,不含井冈山、庐山等高山站以及鹰潭镇、南昌县等资料不完整的站点,共计 82 个站,资料时段为 1958—2009 年。历年的

柑橘冻害资料主要来源于江西省气象局以及相关单位的柑橘冻害调查报告和研究论文,包括《中国气象灾害大典(江西卷)》、多年的柑橘冻害调查报告与技术总结等资料中关于冻害的时空分布特征描述、冻害面积统计、冻害程度与影响分析等。

本文越冬期时段定义为前一年 12 月—当年 2 月;如 1991 年 12 月—1992 年 2 月为 1992 年的柑橘越冬期,期间出现的冻害为 1992 年柑橘冻害,这是由于该时段内出现的冻害将影响 1992 年的柑橘产量。

### 1.2 单一气象要素柑橘冻害指标的计算方法

根据文献[4-20]的研究成果,采用历年的极端最低气温作为单一气象要素柑橘冻害指标,某站某年的柑橘冻害等级划分方法如表 1 所示。

表 1 单一气象要素的柑橘冻害指标等级划分

Table 1 Classify of the single-meteorological-factor grads for orange frozen injury

冻害等级	无	轻度	中度	偏重	严重	特重
极端最低气温 $T_{\min}/^{\circ}\text{C}$	$T_{\min} > -3$	$-5 < T_{\min} \leq -3$	$-7 < T_{\min} \leq -5$	$-9 < T_{\min} \leq -7$	$-11 < T_{\min} \leq -9$	$T_{\min} \leq -11$

目前,单一气象要素的柑橘冻害指标多用于反映单站的柑橘冻害情况。分析某年的区域冻害情况时,往往先计算区域内的各站极端最低气温,然后用极端最低气温阈值划分等值线来分析冻害空间分布特征[4-9],对于区域冻害指数的相关研究尚未见报道。因此,本文将应用柑橘冻害发生实况,结合单一气象要素柑橘冻害指标,对多气象要素指标的单站冻害指数进行检验;而多气象要素指标的区域冻害指数无法结合单一气象要素柑橘冻害指标进行检验,只应用冻害实况进行检验。

### 1.3 多气象要素柑橘冻害指标的计算方法

#### 1.3.1 单站冻害指数的气象因子选取

早冻是由于低温前期到低温出现时,降水偏少甚至无降水,受干旱与低温双重影响所致;而湿冻是由于气温较低,且伴有持续降水过程,受雨雪冰冻与

低温双重影响所致。参考关于气温要素的柑橘冻害指标研究[4-20],气温对旱冻与湿冻的影响相似。因此,旱冻指数与湿冻指数中均选取越冬期的极端最低气温( $T_d$ )、日最低气温低于  $-1.5^{\circ}\text{C}$  的最长持续日数( $D_c$ )两个因子来反映低温对冻害的影响。而降水条件的气象因子,参考文献[9-19]的研究,旱冻指数、湿冻指数分别选取前一年 12 月—当年 1 月的降水距平( $A_r$ )、越冬期内最长持续降水日数( $D_r$ )进行度量。

#### 1.3.2 气象因子的量化

为了消除旱冻或湿冻冻害指数所选取的气象因子之间的量纲差异,并便于反映不同程度的气象因子对冻害的影响,本文依据柑橘对越冬期间各个气象因子的敏感性,确定不同程度气象因子的级别(表 2)。分析某年某站柑橘冻害时,以气象因子所

表 2 气象因子级别划分及级数

Table 2 Classify of the meteorological factors

级别	级数	越冬期极端最低气温( $T_d$ )/ $^{\circ}\text{C}$	前一年 12 月—当年 1 月降水距平百分率( $A_r$ )/%	越冬期最长持续降水日数( $D_r$ )/d	越冬期日最低气温 $\leq -1.5^{\circ}\text{C}$ 最长持续日数( $D_c$ )/d
0 级	0	$T_d > -3$	$A_r > -30$	$D_r < 2$	$D_c < 2$
1 级	1	$-5 < T_d \leq -3$	$-40 < A_r \leq -30$	$2 \leq D_r < 5$	$2 \leq D_c < 4$
2 级	2	$-7 < T_d \leq -5$	$-50 < A_r \leq -40$	$5 \leq D_r < 10$	$4 \leq D_c < 6$
3 级	3	$-9 < T_d \leq -7$	$-60 < A_r \leq -50$	$10 \leq D_r < 15$	$6 \leq D_c < 8$
4 级	4	$-11 < T_d \leq -9$	$-70 < A_r \leq -60$	$15 \leq D_r < 20$	$8 \leq D_c < 10$
5 级	5	$T_d \leq -11$	$A_r \leq -70$	$D_r \geq 20$	$D_c \geq 10$

处级别对应的级数作为该气象因子的量化值。其中,  $T_d, D_c$  的分级主要依据文献[1-8]的研究成果, 与传统的单一气温要素柑橘冻害指标基本一致;  $A_r, D_r$  的分级则主要依据文献[9-24]对典型早冻或湿冻年份的调查研究结果, 尤其是分析、统计江西省柑橘冻害情况及冻害当年降水因子的气候特征而得。

### 1.3.3 模型构建

据柑橘冻害发生机理、受灾情况, 以及防灾减灾措施的不同, 本文将柑橘冻害分为早冻、湿冻两种情况来设置不同的指数, 以此确定单站的冻害指数和等级。在单站冻害等级的基础上, 分析某区域(站点数为2个或以上)的柑橘冻害, 建立区域冻害指数并分等级(图1)。

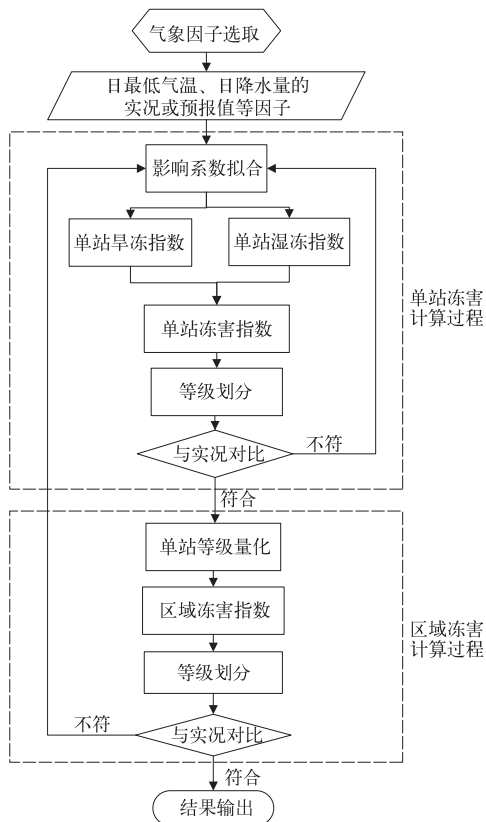


图1 指标设计流程图

Fig. 1 The flow chart of index design

由于早冻或湿冻是气温与降水两类因子叠加影响所致, 本文采用多元线性回归模型, 利用选取的气象因子构建单站的早冻或湿冻冻害指数, 如式(1)所示:

$$I = a_1 f(x_1) + a_2 f(x_2) + a_3 f(x_3). \quad (1)$$

式(1)中,  $I$  为早冻或湿冻冻害指数, 分别表示柑橘受早冻或湿冻影响的程度;  $f(x_1), f(x_2), f(x_3)$  为相应气象因子的量化值;  $a_1, a_2, a_3$  为气象因子的影响系数, 表示该气象因子对冻害程度的贡献。

影响系数是根据气象因子对柑橘冻害的影响程度确定的。气温、降水等气象因子对柑橘冻害影响程度之和记为1, 为了方便计算, 本文将影响程度之和扩大10倍, 记为10。据典型早冻、湿冻年份的调查研究[9-24], 气温是早冻、湿冻的主导因子, 且  $T_d, D_c$  两个因子分别对早冻、湿冻的影响程度相似, 故早冻指数中的  $D_c, T_d$  与湿冻指数中的  $D_c, T_d$  影响系数分别取相同值。由于  $T_d$  影响最明显,  $D_c$  次之,  $A_r$  (或  $R_c$ ) 最小, 在满足  $T_d, D_c, A_r$  (或  $D_r$ ) 影响系数之和为10的条件下,  $T_d, D_c, A_r$  (或  $D_r$ ) 影响系数的初始值分别设为5, 3, 2。

影响系数初始值设定后, 以步长为±0.2, 计算江西省82个站1959—2009年的单站柑橘冻害指数与等级, 以及全省范围的区域冻害等级, 计算结果与1959—2009年柑橘冻害实况进行对比, 当结果与典型冻害年份的冻害程度、空间分布较一致时, 则系数确定。经过程序遍历计算与对比, 并考虑计算简便, 本文将  $T_d, D_c, A_r$  (或  $D_r$ ) 的影响系数分别取值为6, 3, 1。

分析某县站某年的柑橘冻害时, 若早冻指数大于湿冻指数, 表示该年早冻比较明显; 若湿冻指数大于早冻指数, 则表示湿冻比较明显。而对于某年的单站冻害, 一般是早冻、湿冻两种类型之一, 较少出现两类冻害并存的情况, 故本文在早冻指数与湿冻指数中取大值者, 作为该站当年的冻害指数(式(2)), 并以此划分单站冻害等级。

$$f = \max(I_d, I_w). \quad (2)$$

式(2)中,  $f$  为单站柑橘冻害指数;  $I_d$  为早冻指数;  $I_w$  为湿冻指数。

单站冻害等级以单站冻害指数  $f$  为基础, 依据不同程度的柑橘冻害表现, 采用特尔菲法由轻度至特重分为5个等级(表3)。

区域冻害指数  $F$  以单站冻害等级的级数与该区域内冻害出现的站数为基础计算, 如式(3)所示:

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i. \quad (3)$$

式(3)中,  $n$  为区域站数;  $y_i$  为第  $i$  站柑橘冻害等级的级数。

区域柑橘冻害等级按照区域冻害指数  $F$  进行确定, 分为 5 个等级(表 4)。

表 3 单站柑橘冻害等级划分及各级冻害表现

Table 3 Classify of the single-station grades and the frozen injury intensity

冻害等级	$f$ 值	级数	冻害表现
轻度	$6 \leq f < 11$	1	甜橙类大部分叶片受冻, 部分秋梢受冻; 宽皮橘部分叶片受冻, 秋梢没有明显伤害。甜橙类减产小于 10%。
中度	$11 \leq f < 16$	2	甜橙类大部分叶片死亡, 一年生枝梢大部分受到明显伤害, 减产 10%~30%; 宽皮橘部分叶片死亡, 一年生枝梢部分受冻, 产量受到影响, 但减产不明显。
偏重	$16 \leq f < 21$	3	甜橙类绝大部分叶片受冻死亡、或脱落, 一、二年生枝梢全部冻死, 减产 30%~60%; 宽皮橘一年生枝梢冻死, 减产 20%~30%。金柑类叶片受冻。
严重	$21 \leq f < 26$	4	甜橙类枝条大部分死亡, 只保留主干、主枝、副主枝等骨干枝, 基本绝收; 宽皮橘类大部分枝梢死亡, 减产 30%~50%。金柑类受冻明显。
特重	$f \geq 26$	5	甜橙类植株接穗部分或全树死亡; 宽皮橘类大部分枝条死亡, 只保留主干、主枝、副主枝等骨干枝, 减产 50% 以上, 幼、老、病、结果较多及管理较差的果树死亡; 金柑类大部分枝条受冻, 减产 20% 以上。

表 4 区域柑橘冻害等级划分

Table 4 Classify of the regional grades for orange frozen injury

冻害等级	轻度	中度	偏重	严重	特重
$F$	$1.0 \leq F < 2.0$	$2.0 \leq F < 3.0$	$3.0 \leq F < 3.5$	$3.5 \leq F < 4.0$	$F \geq 4.0$

区域冻害指数与等级划分只反映某区域的整体冻害程度, 对于区域内部的空间分布差异, 可通过计算区域内部的单站冻害指数与等级进行分析。

## 2 柑橘冻害指标检验

### 2.1 单站冻害指数检验

#### 2.1.1 典型年份检验

1992 年、2000 年是近几十年来江西柑橘生产史上罕见的特重冻害年, 但这两年冻害的空间分布有明显不同之处。据灾情实况调查<sup>[11-22]</sup>, 1992 年柑橘重冻区出现在赣北地区、抚州市、吉安市北部, 赣南以及吉安南部冻害相对较轻; 而 2000 年柑橘冻害是由北向南逐步加重, 赣南普遍遭冻, 而赣北灾情较轻, 不少柑橘园基本无冻伤。由图 2 可见, 按照多气象要素的单站冻害指数计算可得, 1992 年冻害相对较重的地区集中在赣北、抚州和吉安北部, 而赣南相对较轻。这与冻害实况调查结果一致。而 2000 年柑橘冻害分布图表明, 该年景德镇、鹰潭、抚州、九江西部、宜春西部、吉安东部以及崇义、大余、宁都、会

昌等县为冻害相对较重的地区; 赣北大部地区的冻害程度相对 1992 年较轻, 而赣南的冻害程度则相对 1992 年更重。单一气象要素的柑橘冻害指标计算结果表明, 1992 年赣北大部以及抚州地区达到严重以上冻害等级, 赣南以及吉安南部为轻至中度等级, 其余为偏重等级; 与多气象要素的柑橘冻害指标的结果相比, 单一气象要素指标与冻害实况的吻合程度偏低。而 2000 年单一气象要素柑橘冻害分布图表明, 江西省普遍为轻至中度冻害等级; 该计算结果一方面无法显示当年是江西柑橘生产史上罕见的特重冻害年, 另一方面没有体现赣南普遍遭受冻害、而赣北灾情相对较轻的空间分布特征。

由此可见, 多气象要素的单站冻害指数, 相对于单一气象要素的柑橘冻害指标而言, 计算所得的 1992 年和 2000 年的单站冻害等级空间分布更加符合当年的冻害实况, 能够更好地反映当年的冻害程度及其空间分布特征。

#### 2.1.2 典型县站检验

江西省南丰和信丰两县是我国柑橘产地之一, 其中信丰以种植脐橙著称, 而南丰适宜种植耐冻性

更好的蜜橘。采用 1958—2009 年南丰站与信丰站资料,分别计算单一气象要素的柑橘冻害指标与多气象要素的柑橘冻害指标的两县不同等级柑橘冻害发生频率,结果见表 5。

表 5 表明,两类指标均反映出了南丰的柑橘冻

害比信丰频繁,且程度较重,这与两县所处的地理位置和气候条件有密切关系;计算结果与信丰种植脐橙,而南丰适宜种植耐冻性更好的蜜橘的种植经验一致。

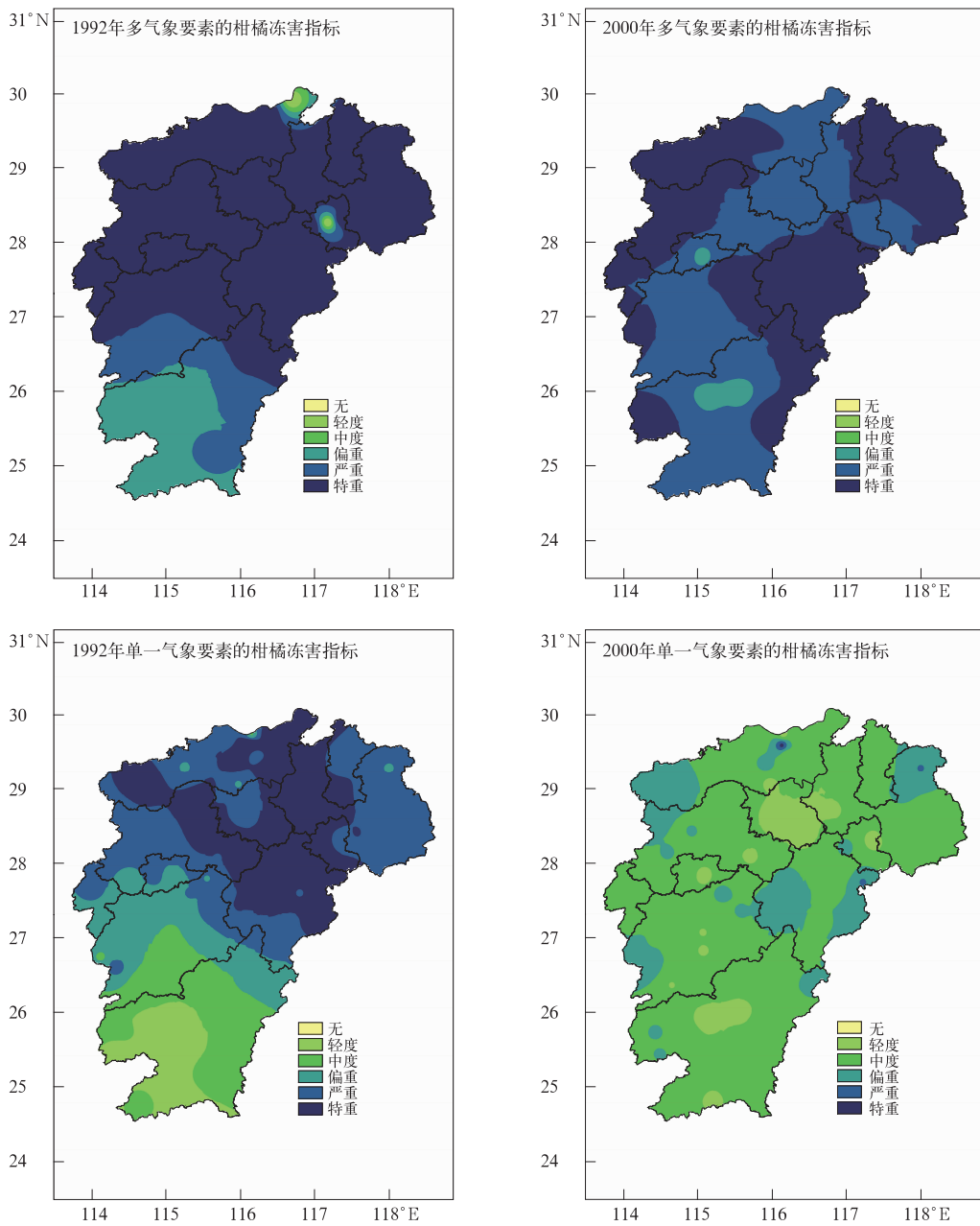


图 2 1992 年和 2000 年单站柑橘冻害等级计算结果空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of the calculation results for single-station grades in 1992 and 2000

然而,两个站的单一气象要素的柑橘冻害指标计算的柑橘冻害等级均比多气象要素的柑橘冻害指

标的计算结果偏轻。其中,多气象要素的柑橘冻害指标计算的南丰偏重等级以上的年份有 1959 年、

1960 年等共 22 年,而单一气象要素的柑橘冻害指标计算的只有 1967 年和 1992 年;多气象要素的柑橘冻害指标计算的信丰偏重等级以上的年份有 1976 年、1977 年和 2000 年,而单一气象要素的柑橘

冻害指标计算结果则显示,51 年来信丰没有出现达到偏重等级以上的柑橘冻害年份。

选择冻害实况资料比较全的南丰站,将两类指标的计算结果与冻害实况进行比较,如表 6 所示。

表 5 南丰与信丰不同等级柑橘冻害发生频率计算结果

Table 5 Calculation results of the frequency for each single-station grade at Nanfeng and Xinfeng

站点	冻害指标类型	不同等级冻害的发生频率/%					
		无	轻度	中度	偏重	严重	特重
南丰(27.21°N)	单一气象要素	29.4	41.2	25.5	2.0	2.0	0.0
	多气象要素	21.6	11.8	21.6	19.6	13.6	11.8
信丰(25.40°N)	单一气象要素	76.5	21.6	2.0	0.0	0.0	0.0
	多气象要素	64.7	17.6	11.8	3.9	2.0	0.0

表 6 1957—2000 年南丰柑橘冻害实况与冻害等级计算结果比较

Table 6 Actual orange frozen disaster and the calculation results of the frequency for single-station grade in Nanfeng from 1957 to 2000

低温过程时段	冻害情况	多气象要素的柑橘冻害指标计算结果	单一气象要素的柑橘冻害指标计算结果
1966-12—1967-01	柑橘幼树受冻严重	特重(26)	偏重(-7.0℃)
1969-01—1969-02	柑橘冻死约 50000 株(包括管理不妥造成的死树在内)	特重(27)	中度(-5.7℃)
1973-12	柑橘受冻,程度较轻	严重(24)	中度(-6.7℃)
1977-01—1977-02	南丰蜜橘受冻,但减产小于 50%	特重(27)	中度(-5.5℃)
1985-12	山区、下坡低洼地受冻严重,部分橘树冻死	严重(21)	中度(-5.2℃)
1991-12	南丰蜜橘大冻害,全县冻死柑橘 4365.4 hm <sup>2</sup> ,占 80.3%	特重(31)	严重(-10.8℃)
1999-12	南丰蜜橘发生轻至中度冻害	严重(24)	中度(-6.6℃)

注:柑橘冻害实况资料来自文献[21]中的统计资料;多气象要素的柑橘冻害指标计算结果中的括号内为当年的单站冻害指数;单一气象要素的柑橘冻害指标计算结果中的括号内为当年的极端最低气温。

表 6 显示的多气象要素指标计算结果与冻害情况基本一致,尤其是 1967 年、1969 年、1986 年、1992 年的柑橘越冬期冻害等级计算结果与实际的冻害程度较吻合;但 1974 年和 2000 年的柑橘越冬期冻害等级计算结果比实际受冻程度偏重。

表 6 表明,单一气象要素的柑橘冻害指标的计算结果中,1969 年、1986 年的极端最低气温分别为 -5.7℃, -5.2℃,按照等级划分标准均为中度冻害等级,与冻害实况相比该指标的等级划分结果明显偏轻;1967 年、1977 年、1992 年分别为偏重、中度、严重等级,等级划分结果略偏轻;而 1974 年、2000 年的柑橘冻害等级划分结果基本符合实际情况。此外,按照单一气象要素的柑橘冻害指标冻害等级划分方法,1974 年的极端最低气温(-6.7℃)比 1969

年、1977 年、1986 年分别偏低了 1.0℃, 1.2℃, 1.5℃,理论上冻害程度相对较重;这与冻害实况显示的 1974 年南丰柑橘受冻程度比 1969 年、1977 年、1986 年明显偏轻的情况不符。

由此可见,多气象要素的单站冻害指数计算结果与南丰、信丰两个典型站所在地区的种植经验、历年的冻害实况基本一致;计算所得的冻害等级结合冻害实况分析,相对于单一气象要素的柑橘冻害指标而言,更加符合该站的冻害情况。

## 2.2 区域冻害指数检验

### 2.2.1 全省性的区域冻害指数检验

利用江西省 1958 年以来的气象资料计算区域柑橘冻害,结果显示特重的年份有 6 年,严重的有 5 年,重度的有 6 年(表 7)。计算结果与相关文献[22-

26]中的冻害实况资料比较,除了1964年、1971年、1970年与1982年计算结果相差一个等级外,其余年份的计算结果与文献记载吻合,吻合率约为90%;尤其是冻害特重年份的计算结果与《中国气象灾害大典》记录完全一致。

### 2.2.2 省内分区的区域冻害指数检验

1992年是江西省典型的柑橘冻害年。以1992年为例,按地级市进行分区,检验江西省各地级市冻

害等级空间分布与实况的一致性。检验结果表明,11个地级市中,除萍乡缺资料外,严重冻害面积占总面积60%以上的地市,区域柑橘冻害等级均为特重,冻害较轻的赣州市为中度;但吉安、九江两市的区域冻害等级比实况偏重(表8)。因此,江西省10个有资料的地级市中,8个地级市的计算结果与实况一致,吻合率约为80%。

表7 江西省1959—2009年区域柑橘冻害等级计算结果

Table 7 Calculation results of the regional grades for orange frozen injury in Jiangxi from 1959 to 2009

区域柑橘冻害等级	年份
无	1973, 1975, 1987, 1991, 1999, 2001, 2007
轻度	1964, 1966, 1978, 1981, 1982, 1988, 1989, 1995, 1996, 1997, 1998, 2002, 2003, 2004, 2008
中度	1965, 1979, 1980, <u>1983</u> , <u>1984</u> , <u>1985</u> , 1990, 1993, 1994, 2005, 2006, 2009
偏重	1959, <u>1961</u> , <u>1962</u> , <u>1968</u> , 1971, 1986
严重	<u>1960</u> , <u>1969</u> , 1970, <u>1972</u> , <u>1976</u>
特重	<u>1963</u> , <u>1967</u> , <u>1974</u> , <u>1977</u> , <u>1992</u> , <u>2000</u>

注:标注下划线的年份为文献[22-26]记载的江西全省性严重冻害年或部分地区严重冻害年。

表8 1992年江西省各地级市柑橘严重冻害实况与指标计算结果

Table 8 Actual orange frozen disaster and the calculation results of the regional grades in Jiangxi of 1992

地名	1992年严重冻害		区域冻害指标计算结果	
	面积/hm <sup>2</sup>	占总面积/%	冻害指数	冻害等级
赣州	1306.7	4.1	2.9	中度
吉安	5600.0	32.3	4.3	特重
抚州	14533.3	80.0	5.0	特重
上饶	5506.7	60.7	5.0	特重
宜春	7960.0	59.7	5.0	特重
九江	2886.7	45.0	4.4	特重
新余	2960.0	75.9	5.0	特重
南昌	2666.7	82.1	5.0	特重
鹰潭	2453.3	83.8	5.0	特重
景德镇	740.0	64.2	5.0	特重
萍乡			5.0	特重

注:柑橘冻害实况资料来源于1992年江西省农牧渔业厅统计资料。

## 3 结论与讨论

本文综合考虑气温、降水等要素,构建了可判识单站与区域的多气象要素的柑橘冻害指标,分析结果表明:

1) 典型冻害年份,如1992年与2000年,多气象要素的单站冻害指数计算结果相对于单一气象要素的柑橘冻害指标而言,更加符合冻害调查实况,能够更好地反映出冻害程度以及当年的冻害空间分布特征。

2) 多气象要素的单站冻害指数计算结果与南丰、信丰两个典型站所在地区的种植经验、历年的冻害实况基本一致;计算所得的冻害等级结合冻害实况分析,相对于单一气象要素的柑橘冻害指标而言,更加符合该站的冻害情况。

3) 多气象要素的柑橘冻害指标计算江西全省性的区域冻害等级,与1959—2009年柑橘冻害实况验证,吻合率约为90%,其中特重冻害年份的计算结果与实况完全一致。

4) 1992年典型冻害年中,按地级市分区,多气象要素的柑橘冻害指标计算所得的区域冻害等级与实况的吻合率约为80%。

可见,本文构建的多气象要素的柑橘冻害指标能全面反映气候变化背景下诱发柑橘冻害的气候条件变化和新特点,相对于单一气象要素的柑橘冻害指标能够更加准确刻画低温、雨雪(或干旱)等对柑橘冻害的综合影响。该指标针对旱冻、湿冻提出不同的指数,从而确定单站冻害指数与等级,可用于监测、评估单站冻害程度,便于在农业生产中针对不同

类型柑橘冻害采取不同防灾减灾措施。此外,在单站冻害指数与等级的基础上确定了可用于分析省级或省内分区的区域冻害等级,相对于单一气象要素的柑橘冻害指标具有更好的实用价值。多气象要素的柑橘冻害指标的设计思路及方法可以在湖北、浙江、福建等其他省份的柑橘产区进行类似的分析和研究。然而,受灾情数据、冻害分析资料等的限制,指标中气象因子影响系数的确定、冻害等级的划分等的客观定量化方面还需加强。

### 参考文献

- [1] 章文才,江爱良.中国柑桔冻害研究.北京:农业出版社,1983:15-133.
- [2] 罗冰,胡菊芳.江西省柑橘冻害及其变化和防御对策.江西气象科技,2005,28(1):25-27.
- [3] 龚志强,王晓娟,崔冬林,等.区域性极端低温事件的识别及其变化特征.应用气象学报,2012,23(2):195-204.
- [4] 张养才,霍治国.中国柑橘周期性冻害问题的研究.应用气象学报,1991,2(3):52-58.
- [5] 乔盛西,陈正洪.湖北省1991年度柑橘冻害与避冻栽培区划.应用气象学报,1996,7(1):124-128.
- [6] 黄寿波.浙江省柑桔冻害区划的探讨.气象,1981,7(3):24-25.
- [7] 黄寿波.关于柑橘冻害农业气象指标的初步探讨.浙江气象科技,1980(1):17-24.
- [8] 王道藩,黄寿波,张养才,等.柑橘与气象.福建:福建科学技术出版社,1986.
- [9] 江爱良,黄寿波.近年来我国柑橘冻害的研究.气象科技,1983,11(5):17-23.
- [10] 周建龙.柑橘冻害的天气气候分析及生产建议.气象,1992,18(6):56-61.
- [11] 冯玉香,何维勋.作物霜冻与低温强度及冰核菌密度的关系.应用气象学报,1995,6(1):90-94.
- [12] 蔡文华,潘卫华,张辉,等.2004/2005年连江县冬季沿坡地地面气温观测和分析研究.应用气象学报,2006,17(4):483-487.
- [13] 叶殿秀,张勇.1961—2007年我国霜冻变化特征.应用气象学报,2008,19(6):661-665.
- [14] 陈乾金,夏洪星.我国江淮流域近40年异常初终霜冻的分析.应用气象学报,1995,6(1):50-55.
- [15] 何维勋,冯玉香.解冻速率对作物霜冻害的影响.应用气象学报,1993,4(4):440-445.
- [16] 吴炳龙.气温正常年份柑橘冻害的原因调查.浙江柑橘,1997,14(3):31-32.
- [17] 谢远玉,廖德华,伍祖培,等.柑橘冻害调查及其防御对策.江西气象科技,2001,24(4):28-30.
- [18] 赵胜清.2008年初雨雪冰冻天气对丹江口柑橘产业的影响及应对措施.中国果业信息,2008,25(6):1-4.
- [19] 张林,石学根.2009年台州市柑橘冻害原因分析及防冻措施.浙江柑橘,2009,26(3):18-20.
- [20] 胡正月,朱清能,许地长.江西省1999年冬柑橘冻害起因及冻后护理、恢复技术措施.中国南方果树,2000,29(1):11-13.
- [21] 殷剑敏,缪启龙,李迎春,等.南丰蜜桔冻害的气候指标及风险评估.中国农业气象,2008,29(3):507-510.
- [22] 蒋运志.阳朔金橘的主要气象灾害分析及防御.果树栽培与植保,2010,21(5):10-13.
- [23] 马承恩,邓铁金,付明枚.江西近期柑橘冻害及防冻技术.中国农业气象,1995,16(5):38-42.
- [24] 叶前法.浅析1999年柑橘冻害与补救对策.江西园艺,2000(1):5-6.
- [25] 聂纯洁.试论柑橘冻害与防御战略.江西园艺,2000(5):7-11.
- [26] 殷剑敏.气候变化对南丰县蜜桔种植分布的影响.中国农业气象,2007,28(2):190-194.
- [27] 温克刚,陈双溪.中国气象灾害大典-江西卷.北京:气象出版社,2006:399-413.



## The Multiple-meteorological-factor Indexes for Orange Frozen Injury in Jiangxi Province

Yang Aiping Du Xiaoling Wang Baosheng Guo Ruige Liu Wenying

(*Jiangxi Provincial Meteorological Observatory, Nanchang 330046*)

### Abstract

A persistent period of low temperature weather is the main cause to the frozen injury of orange during the winter, which is usually accompanied by the sleet and frost weather process (or drought). And the sleet and frost weather process (or drought) may aggravate the injury to the orange. The single-meteorological-factor index of the orange frozen injury is well known and commonly used to analyze the degree of the disaster, which only refers to the low temperature factor while neglects other ones. Considering the climate characteristics which may bring about the frozen injury, a series of frozen injury indexes for orange, including the single-station index and the regional index, are designed by employing multiple meteorological factors, such as temperature, rainfall amount and persistent days of rain. Talled with the freezing disasters happened in Jiangxi Province from 1959 to 2009 and compared with the single-meteorological-factor index, the surveying effects of the multiple-meteorological-factor indexes are assessed. The calculation results of the single-station index for the typical years, such as 1992 or 2000, compared with the single-meteorological-factor index, are more in line with the freezing disaster happened in Jiangxi Province. Both the reflection on the damage degree and the characteristic of spatial distribution of the single-station grade of the multiple-meteorological-factor indexes are consistent with the actual situation. Taken the typical counties Nanfeng and Xinfeng as example, compared with the single-meteorological-factor index, the calculation result of the frequency for each single-station grade of the multiple-meteorological-factor indexes is more accordant with the cultivation habit and the disaster experience. And the calculation result of single-station grade is much more in line with the actual orange frozen disaster in Nanfeng from 1957 to 2000. The accuracy of the regional index from 1959 to 2009 is about 90%. Meanwhile, the freezing years, in which the calculation grade of regional multiple-meteorological-factor index is extreme-serious, are completely accordant with the actual situation. According to the record from the Department of Agriculture of Jiangxi Province, 80% of the calculation result of the regional grade for each districts in the typical year (for example, in 1992) is in accordance with the actual orange frozen disaster.

Results indicate that the single-station multiple-meteorological-factor index for orange can reflect the damage degree and the characteristic of the spatial distribution better than the single-meteorological-factor index. In addition, the analyzing results suggest that the regional multiple-meteorological-factor index is able to assess the regional degree of frozen injury, which can be used to analyze the climate suitability of orange.

**Key words:** orange frozen injury; multiple-meteorological-factor indexes; index design