

# 农业气象灾害风险评价模型及应用\*

杜 鹏 李世奎

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

## 摘 要

本文根据灾害风险分析原理, 建立了一个经三层逐级放大的农业气象灾害风险分析实用模型, 并以珠江三角洲荔枝生产为例分析计算了主要农业气象灾害以及风险体系的风险度, 其结果对农业气象灾害风险管理与决策及灾害防御有一定的参考价值。

关键词: 农业气象灾害, 风险评价模型, 荔枝。

## 1 引 言

风险度是表示风险大小的主要指标。农业气象灾害风险分析主要是通过风险度的大小, 从经济效益角度评价作物在生长过程中可能遭受的各种农业气象灾害对作物生长的影响, 将分析结果提供给农业决策者, 可降低决策过程中面临的不确定性。农业气象灾害风险分析是农业风险决策和风险管理的基础性工作, 其核心是建立风险评价模型, 通过模型可计算出各条风险链和风险体系的风险度。本文建立的风险评价模型以改进的农业生态地区法为基础, 考虑了农业气象灾害对作物营养生长期和生殖生长期干物质积累以及对产量的影响, 是一种适宜于以籽粒或果实为收获部分的农作物的气象灾害风险评价模型。

## 2 模型综述

建立一个实用的农业气象灾害风险分析模型需经过三个层次逐级放大: (1) 概念模型, (2) 过渡模型, (3) 实用模型, 各层次的具体关系如表 1 所示, 下文将对层次结构作进一步阐述。

表 1 农业气象灾害风险分析评价模型层次关系

层次	层次间关系	抽象等级	与灾害类型的关系
概念模型	是农业气象灾害风险评价模型的基础	抽象	与灾害类型无关
过渡模型	由放大的价值子模型和改进的农业生态地区法得到	较具体	与灾害类型无关
实用模型	以具体的灾害影响函数代替抽象表达式	具体	与灾害类型有关

## 3 模型的层次结构

\* 初稿时间: 1995 年 8 月 10 日; 修改稿时间: 1995 年 12 月 25 日。

### 3.1 概念模型

概念模型<sup>[1]</sup>的结构如图 1 所示, 风险分析的重要环节是建立灾害模型、价值模型和抗灾性能模型。

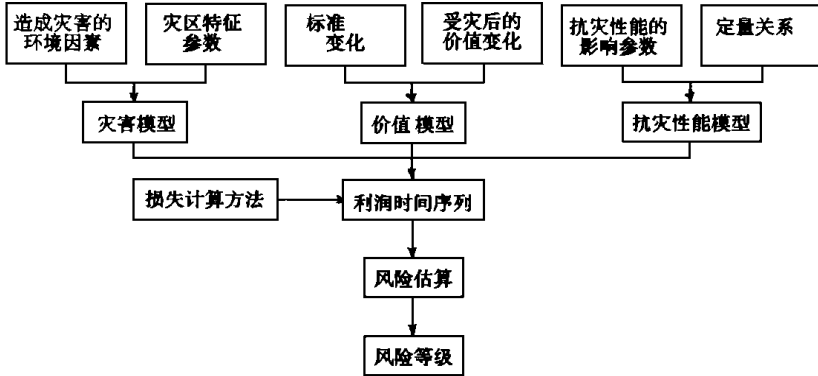


图 1 农业气象灾害风险分析概念模型结构框图

#### 3.1.1 建立灾害模型

灾害模型描述灾害发生的时间、地点、强度以及危害程度, 并包括一些与灾害有关的信息。灾害模型主要反映自然灾害系统的孕灾环境、致灾因子、成灾规律、承灾体以及灾情的特征, 包括如下主要内容: (1) 农业气象灾害发生的形式、天气特点、致害的主要气象指标、灾害的表现; (2) 农业气象灾害的分级说明以及各级灾害的指标; (3) 根据历史气象资料和灾情资料统计出的各级灾害发生的概率; (4) 灾害强度和受灾程度的定量关系。

#### 3.1.2 建立价值模型

价值模型必须反映出不同等级农业气象灾害下的最终产值。为计算风险度的大小, 还应研究灾前、灾中以及灾后作物价值的变化规律和农业生产的投入价值。由于农业生产的特点, 农业气象灾害风险分析价值模型要体现如下特点:

首先, 农作物的价值在其生长发育过程中是动态变化的。农业生产过程始于一定的基础投入价值之上, 在干物质积累的同时不断提高农作物的价值, 最终形成产出价值, 但是由于作物在不同生育期的干物质累积对最终产值的贡献不同, 所以作物价值的变化与干物质累积并不同步。

其次, 农业气象灾害风险分析是以投入价值和最终产值作为风险分析的基础, 而干物质的积累到最终产值的形成需要有良好的转化途径, 对以籽粒或果实为收获部分的农作物而言, 这个转化途径就是作物能顺利地由营养生长过渡到生殖生长。从中可看出, 进行风险分析时, 仅研究干物质的积累尚不够, 还必须研究最终产值的形成过程。

再次, 由于作物是活的有机体, 对灾害有一定的适应和防御等调节能力, 并且能够通过后期生长来弥补灾害带来的损失。所以当灾害发生后, 作物价值的变化与受灾程度和抗灾能力紧密相关, 而且灾后价值的变化又受作物恢复能力的影响。

#### 3.1.3 建立抗灾性能模型

抗灾性能模型的主要功能是根据作物种植环境以及作物本身特征来确定作物的抗灾

性能指数。影响作物抗灾性能的因素很多,与作物有关的因素有品种、发育期、作物长势等等,与环境有关的因素有地形、地势、海拔高度、土壤状况等等。理想的抗灾性能模型应能较好地回答如下问题:(1) 抗灾性能与哪些因子有关;(2) 抗灾性能与这些相关因子的定量关系如何;(3) 如何综合这些相关因子对抗灾性能的影响。

### 3.2 过渡模型

#### 3.2.1 对农业生态地区法<sup>[2]</sup>的几点改进

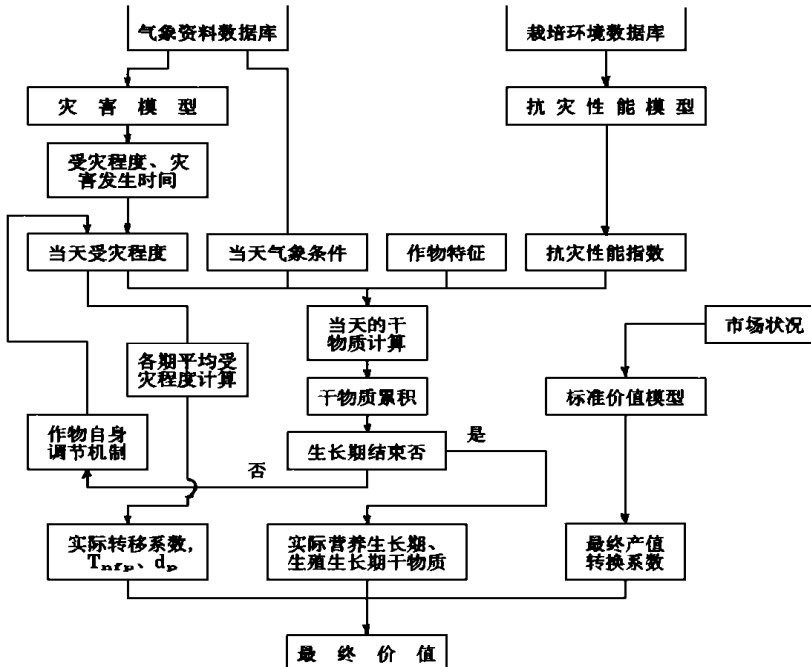


图2 以农业生态地区法为基础的农业气象灾害风险分析模型结构示意图

过渡模型的结构如图2所示,为适应农业气象灾害价值模型的特点,将农业生态地区法作了如下改进:

(1) 假设作物营养生长期和生殖生长期的干物质分别为  $M_n$  和  $M_r$ , 而籽粒或果实的干物质 ( $M_f$ ) 来源于  $M_n$  和  $M_r$  的一部分,可表示为:

$$M_f = M_n \cdot T_{nf} + M_r \cdot d \quad (1)$$

式中,  $T_{nf}$  表示营养生长期总干物质输送到籽粒或果实中的比例;  $d$  表示生殖生长期总干物质被籽粒或果实利用的比例。

(2) 在实际做风险分析时要求以天为步长考察作物干物质的变化,这是由灾害发生的随机性和作物内在的调解机制决定的。

(3) 农业生态地区法得到的产量是一种对气候适应,无限制条件下种植的高品种的潜在产量,所以有必要考虑除气象条件以外其他因素对产量的胁迫作用,为此引入了实际最大产量 ( $Y_{pc}$ ) 的概念,它是指在当前平均生产水平下,由气候条件决定的单位面积植物经济学产量,其计算可依据当地实际产量资料,其值等于代表当前平均生产及管理水

的趋势产量和最大气象产量之和,这里最大气象产量和当地最适气象条件对应。在缺乏实际产量资料时,可由环境相似地区的实际最大产量订正求得。

(4) 引入了表征除气象条件外其它环境条件对农业生产胁迫作用的系数  $K$ ,

$$K = 1 - \frac{Y_{pc} \cdot (1 - W)}{Y_{mp}} \quad (2)$$

其中:  $Y_{mp}$  为由农业生态地区法求得的潜在产量;  $W$  为籽粒或果实的水分含量,  $K$  值越大,表明除气象条件以外的其它环境条件的胁迫作用越大;反之亦然。

(5) 为反映果实干物质和最终产值之间的联系,在大面积生产上,暂不考虑产后风险,假定都能及时采收上市、保证品质的条件下,可以认为最终产值主要取决于干物质产量,因此引入从果实干物质到最终产值的转换系数  $T$ ,其计算式如下:

$$T = \frac{Y_{pd}P}{M_f(1 - K)} \quad (3)$$

其中:  $T$  表示在最适气候条件及当前生产状况下,每公斤果实干物质在当前市场状况下能获得的最佳产值,单位为元/kg;  $P$  为当前平均价格。 $T$  随当前市场价格的变化,可反映市场条件对农业气象灾害风险的影响。

### 3.2.2 实际最终产值的计算

为计算风险度必须求得实际最终产值,而实际最终产值又与果实的干物重密切相关,文中以  $M_{fp}$  表示实际果实干物重,可按下式计算:

$$M_{fp} = (M_{np} \cdot T_{nfp} + M_{rp} \cdot d_p) \cdot F_p \quad (4)$$

其中:  $M_{np}$  为实际状态下营养生长阶段积累的干物质;  $M_{rp}$  为实际状态下生殖生长阶段积累的干物质;  $T_{nfp}$ ,  $d_p$  分别为实际状态下营养及生殖生长期干物质的利用比例;  $F_p$  为实际状态下受开花受粉状态影响的果实转化系数。前文已有介绍,籽粒和果实的形成需要有良好的干物质转化途径,这种转化途径的好坏主要受花芽分化期以及开花受粉期气象条件的制约,  $F_p$  正反映了该时段气象条件的优劣程度。

各变量的计算式如下:

$$M_{np} = \sum_{i=1}^m M_d \quad (5)$$

$$M_d = M \cdot (1 - K) \cdot f_1(d) \cdot R \quad (6)$$

$$M_{rp} = \sum_{i=1}^n M_d \quad (7)$$

$$M_d = M \cdot (1 - K) \cdot f_2(d) \cdot R \quad (8)$$

$$T_{nfp} = T_{nf} E_1 \quad (9)$$

$$d_p = d \cdot E_2 \quad (10)$$

$$F_p = F \cdot f_3(\bar{d}) \quad (11)$$

其中:

$M_d$  和  $M_d$  为实际状态下营养生长期和生殖生长期每天干物质积累;

$M$  为最适气象条件下每天的干物质生产量;

$R$  为在抗灾性能模型中确定的抗灾性能指数;

$f_1(d), f_2(d), f_3(\bar{d}), E_1, E_2$  分别描述灾害对营养生长期每天干物质、生殖生长期每天干物质、开花受粉情况、 $T_{nf}$  和  $d$  的影响;

$d$  为当天的受灾程度;

$\bar{d}$  为花芽分化期或开花受粉期的平均受灾程度;

$F$  为理想状态下的转化系数, 其值恒为 1。

受灾程度是对作物受灾等级的定量描述, 其取值范围在  $[0, 1]$  之间, 在取值范围内, 随着受灾等级增加, 受灾程度逐渐增大。 $E_1$  和  $E_2$  的确定可根据营养生长期及生殖生长期的平均受灾程度。

### 3.3 实用模型

针对具体的灾害类型, 根据各种灾害的实际资料, 可确定上述 5 个灾害影响函数的具体形式, 代入相应计算式中即得到农业气象灾害风险分析实用模型。

## 4 以华南荔枝生产为例的农业气象灾害风险分析

### 4.1 资料来源

华南荔枝生产农业气象灾害指标依据广西玉林地区农业气象实验站多年调研和实验研究的成果, 同时参考了有关文献<sup>[3,4]</sup>。

气象资料取自广东珠江三角洲代表台站, 包括从化(1959–1993)、高要(1955–1993)、广州(1951–1993)、惠阳(1953–1993)、台山(1954–1993)、珠海(1962–1993)、深圳(1953–1993), 同时以广西玉林(1954–1993)和陆川(1962–1993)作为对比。选取了与各农业气象灾害指标有关的气象要素, 包括从 11 月至次年 5 月逐日的平均气温、最低气温、日照时数和降水量。

荔枝价格假定为 15 元/kg, 并以 15 万元/hm<sup>2</sup> 作为目标产值。

### 4.2 荔枝生产的主要农业气象灾害及影响函数

华南荔枝生产的主要农业气象灾害有:(1)越冬期冻害、(2)花芽分化期暖害和(3)开花期低温阴雨天气。越冬期冻害指标如下:当极端最低气温 0 时, 幼苗开始受冻, 下降到 -2.0—3.0 时, 成龄树中等受害, 当出现 -4.0 的低温时, 冻害严重<sup>[5]</sup>。荔枝的花芽分化需要一定时间的低温诱导, 如果花芽分化期气温持续偏高, 则难以形成果枝<sup>[6]</sup>, 构成“暖害”。荔枝暖害有两种指标形式: 一是冬季极端最低气温, 一般冬季极端最低气温在 4.0—5.0 时, 为轻暖害; 5.1—7.0 时为中度暖害; 7.1 时为严重暖害。二是最冷月平均气温, 一般最冷月平均气温在 13.0 至 14.0 时为轻暖害, 14.1 至 15.0 时为中度暖害, 15.1 时为重度暖害。荔枝开花期的气象条件以低温阴雨日数表示: 一般以日平均气温 17.0 或极端最低气温 12.0, 且雨量 0.1mm 或日照 1.0h 为低温阴雨天气, 若盛花期连续低温阴雨天气 2d 为小害, 3—4d 为中害, 5d 为重害<sup>[7]</sup>。根据以上分析, 华南荔枝生产的风险体系如图 3 所示。

荔枝冻害可发生在营养生长期或生殖生长期, 并能影响  $T_{nf}$  和  $d$ , 而暖害和低温阴雨均表现为对转化途径的影响, 考虑到低结实率下籽粒重(或单果重)的补偿效应, 其函数选用幂函数形式。具体函数如表 2 所示。

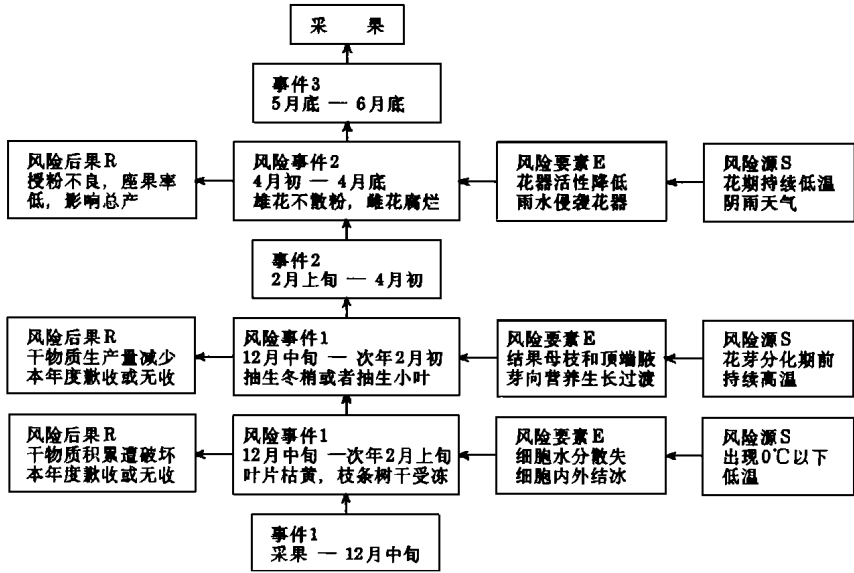


图3 荔枝农业气象风险体系图

表2 不同农业气象灾害对荔枝的影响函数\*

函数	越冬期冻害	暖害	低温阴雨
$f_1(d)$	$1-d$	1	1
$f_2(d)$	$1-d$	1	1
$E_1$	$-2.0 \times nd + 1 [0, 0.5]$ $0 [0.5, 1]$	1	1
$E_2$	$-2.0 \times rd + 1 [0, 0.4]$ $0 [0.4, 1]$	1	1
$f_3(\bar{d})$	1	$-\bar{d}^{1.5} + 1 - \bar{d}^{1.5} + 1$	

\*  $nd, rd$  分别为营养和生殖生长期平均受灾程度, [ ] 内为取值范围

### 4.3 计算结果分析

风险曲线描述了风险度和目标产值之间的关系, 珠江三角洲代表台站以及广西玉林地区荔枝生产的花芽分化期暖害风险曲线如图4所示, 其余灾害有相似的形式。同时在表3中列出了对指定目标产值的各条风险链和风险体系的风险度。

从风险曲线可以看出, 风险度和风险曲线都有较好的指数关系, 即: 随着目标产值的上升, 风险度呈指数上升。同时从表3可看出: (1) 华南地区荔枝越冬期冻害对生产影响不大, 其风险度均小于0.1, 而荔枝花芽分化期暖害和开花期低温阴雨天气所造成的风险要大得多, 所以该地区荔枝生产的灾害防御应以防御上述两种灾害为主。(2) 冻害和暖害的风险程度存在较明显的纬向分布特征: 往北越冬期冻害严重, 往南花芽分化期暖害逐渐加强, 从风险体系的风险度可看出, 华南地区荔枝生产的最适区域在北纬23度附近。

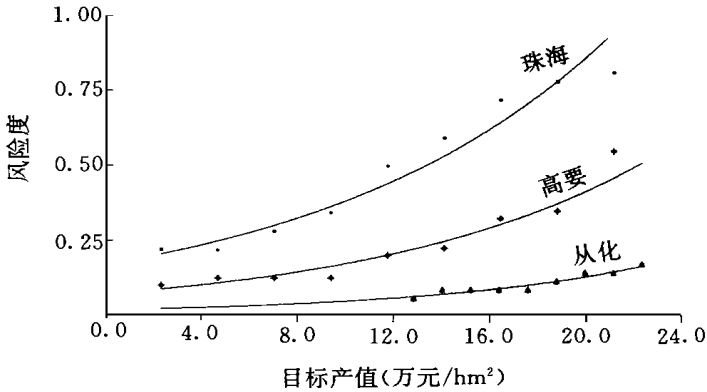


图 4 珠江三角洲荔枝暖害风险曲线

表 3 珠江三角洲代表台站荔枝各风险链及风险体系风险度

	越冬期冻害	花芽分化期暖害	开花期低温阴雨	风险体系
从化	0.06	0.11	0.54	0.62
惠阳	0.02	0.27	0.32	0.51
广州	0.00	0.33	0.33	0.55
高要	0.00	0.35	0.30	0.55
深圳	0.00	0.61	0.17	0.68
台山	0.00	0.35	0.28	0.53
珠海	0.00	0.78	0.16	0.82
玉林	0.03	0.28	0.38	0.57
陆川	0.00	0.36	0.36	0.59

## 5 讨 论

建立的模型不足之处在于以线性函数描述农业气象灾害对农业生产各方面的影响,并以受灾程度的线性减少来表示作物对某些灾害的恢复机制,这些方面都有待进一步提高。而且由于农业投入相关因素众多,并且难以获得准确的数据资料,现有模型未考虑农业投入的变化,如能将其引入模型中,模型将更加完善。

致谢: 广西玉林气象局温福光和广东省气象局周世怀同志提供部分资料。

## 参考文献

- [ 1 ] Petak W J and Atkisson A A( 向立云, 程晓陶等译). 自然灾害风险评价与减灾政策. 北京: 地震出版社, 1993. 2 - 98.
- [ 2 ] 杜林博斯 J and 卡萨姆 A H. 气象与水的关系. 罗马: 联合国粮农组织, 1979. 5- 25.
- [ 3 ] 陈尚谟等. 果树气象学. 北京: 气象出版社, 1988. 411- 417.
- [ 4 ] 莫新. 荔枝产量的气象条件分析. 热作科技, 1990, ( 3 ): 46- 48.
- [ 5 ] 华南农业大学主编. 果树栽培学各论. 北京: 农业出版社, 1989. 153- 175.
- [ 6 ] 王锋. 主要气象因子对永兴地区荔枝开花结果的影响. 热带作物研究, 1990, ( 1 ): 37- 43.
- [ 7 ] 吕申华. 漳州荔枝盛花期气候分析. 农业气象, 1987, ( 3 ): 38- 40.

## AN AGRO-METEOROLOGICAL DISASTER RISK ANALYSIS MODEL AND ITS APPLICATION

Du Peng Li Shikui

( *Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081* )

### Abstract

Based on the principle of disaster risk analysis, a practical model of agro-meteorological disaster risk analysis is established from gradual three-level enlargement of a basic concept model. Using this model, the risk degrees of main agro-meteorological disaster and risk system of litchi in the Zhujiang Delta are analyzed and calculated. The results show important to agro-meteorological disaster risk decision and risk management.

**Key words:** Agro-meteorological disaster, Risk analysis model, Litchi.