

农业气象灾害风险分析初探^{*}

杜 鹏 李世奎

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要 为了从经济效益方面描述农业气象灾害, 本文在农业气象灾害风险体系的基础上定义了风险链以及风险体系两个风险度, 并简略地分析了农业气象灾害风险的特点和分析方法, 同时还阐明了进行农业气象灾害风险决策与风险管理的基本方法。

关键词 农业气象灾害 风险分析 农业气候资源评价

1 前言

农业生产作为一种经济行为, 是在一定的风险之上进行的, 由于各种风险(社会的和自然的)影响, 对于农业生产经营者可产生两种不同的后果: 在有利的条件下达到预定的经济目标或者损失较小, 在不利的条件下付出风险代价。各种农业生产方案, 由于生产要求和气象条件的矛盾性可导致多种农业气象灾害, 从风险的角度来说, 农业气象灾害是农业风险的重要来源, 这就为我们从风险的角度研究农业气象灾害提供了现实的基础。

以往对农业气象灾害的研究多侧重于灾害发生的机制和规律, 即使有一些关于灾害影响的量化研究, 也多以减产量或减产百分率作为评价指标。这种方法有两方面的不足: 一是无法反映灾害对经济效益的影响, 二是不同作物以及不同灾害类型之间缺乏可比性。本文提出的风险分析方法旨在以上两方面做一些有益的探索。

2 农业气象灾害风险的基本概念

2.1 农业气象灾害风险概念的引入

风险(R)概念的提出首先是在经济领域, 是指人们对未来行为决策及客观条件变化的不确定性, 由此可能引起的后果, 此后果与预定目标发生多种负偏离的综合^[1], 用数学公式表示为:

$$R = f_1(D, S) \quad (2-1)$$

式中 f_1 为风险函数, D 为人们的决策集合, S 为客观的状态集合。

可见风险空间是由决策空间和状态空间结合而成的。决策空间可由人们自由选择, 而状态空间包括两个方面: 一是事件发生的概率, 二是事件引发的后果。

农业生产对自然环境条件有强烈的依赖性, 环境条件的不适必然会给农业生产带来损

^{*} 农业部农业资源区划司资助项目, 项目名称: 中国农业气象灾害风险评价及保险区划 (Project title: Risk assessment of Chinese agrometeorological disasters and insurance division)。

来稿日期: 1996-03; 收到修改稿日期: 1997-01。

失；另一方面作物在长期适应与演化过程中，逐渐形成了自身对环境条件的要求。因此从风险的角度来看，农业生产面临的风险程度的高低与两大因素有关：第一是农业决策，包括耕作制度的确立、品种选择以及播种、施肥、收获等环节的技术规范。第二是本年度环境条件的优劣，主要包括气象条件、土壤条件、市场条件等。

因此对于农业风险，我们可以作如下定义：农业风险就是在农业生产过程中，由于农业决策及环境条件变化的不确定性而可能引起的后果，此后果与预测目标发生多种负偏离的综合，这里负偏离的多样性是和农业生产目的的多样性相对应的，从中可以看出农业风险 (R_a) 的大小与两类因素有关：一是农业决策 (D_a)；二是农业环境条件 (S_a)，用数学公式表示为：

$$R_a = f_2(D_a, S_a) \tag{2-2}$$

但是由于农业系统结构复杂，环境因素众多，所以确定农业风险有很大难度。为降低分析难度，可针对特定的农业生产方案，仅研究由于不利的气象条件而形成的风险，即农业气象灾害风险，其定义如下：对于特定的农业生产方案，在当前市场状况下，由于不利的气象条件而引起的后果，与预定目标发生多种负偏离的综合称为农业气象灾害风险。由于是针对特定的农业生产方案和当前市场状况，农业决策和市场状况相对稳定，同时考虑到土壤条件在年际间变化不大，可认为农业气象灾害风险与以下两类因素有关：一是各种气象条件出现的概率 (M)；二是各种气象条件下作物的利润状况 (P)，用数学公式表示为：

$$R_{am} = f_3(M, P) \tag{2-3}$$

2.2 农业气象灾害风险体系有关概念

在农业气象灾害风险分析过程中，用风险体系来描述单一作物在生产过程中可能遭受的农业气象灾害，以及各种灾害对作物的影响过程，图 1 为珠江三角洲芒果生产主要农业气象灾害风险体系。

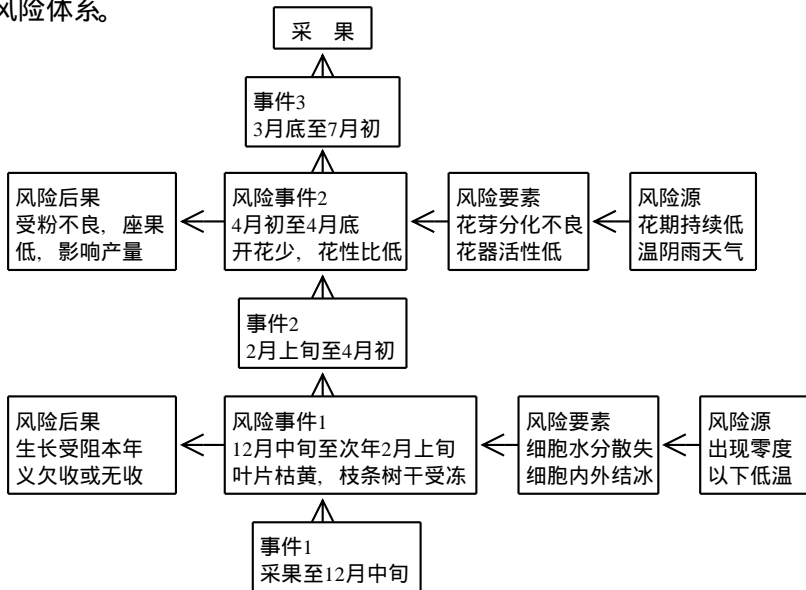


图1 珠江三角洲芒果生产主要农业气象灾害风险体系

Fig 1 The risk system of agro- meteorological hazards in for manas in Zhujiang Delta

图中事件为时段和该时段内作物生长状况的二元组合, 作物从播种到收获的整个过程可理解为若干个事件在时间上前后串联的形式, 事件的划分主要依据作物生长的阶段性和作物生理需求的相对稳定性。在实际生产中, 并非所有的事件都会成为风险事件, 事件与风险事件的区别主要在于作物在该时段的生长状况: 如果在事件相应的时间间隔内可能出现使作物减产的生长状况, 则为风险事件。将播种到收获的所有事件和风险事件按时间顺序串联起来即是单一作物层次上的风险体系。风险事件展开可得到一条风险链, 包括风险源、风险要素、风险事件以及风险后果四个部分。

风险事件是指农业生产过程的某一特定时段内, 在作物上可能发生的对农业生产造成风险的不确定事件, 比如植株叶片凋萎、座果率低、果实腐烂均为农业生产的风险事件。风险要素是产生风险事件的深层次原因, 比如植株叶片凋萎可能是由于土壤水分供应不足, 或者是由于根系吸收率低造成的。风险源则是风险要素的深层原因, 它也是产生风险事件的根本原因。比如土壤保水性差、降水量少以及土壤蒸发旺盛都可能造成土壤水分不足, 这些根本原因即是风险源。风险后果是指风险事件发生以后, 对农业生产造成的多种不利影响的总称。

从风险事件可分解出多个风险要素, 而一个风险要素又可能是多种风险源的结果, 但在实际情况下, 从风险源到风险后果总有一条起主导作用的轨迹, 这条轨迹正构成了风险分析的基础。

针对图 1, 可作相应的分析: 在芒果的整个生长周期内, 在越冬期和开花期可出现两种不同的风险事件, 它们分别由越冬期的极端低温和开花期的持续低温阴雨天气造成, 使得芒果生长受阻和座果率下降, 最终导致减产。由此组成的风险体系是芒果风险分析的出发点。

必须强调指出: 以上概念具有很强的相对性, 对某一研究领域的风险事件, 相对于另一研究领域可能是风险后果, 或者是风险要素, 甚至是风险源。

2.3 风险度

与农业气象灾害风险体系相对应可定义风险链和风险体系两个层次的风险度。风险链层次上的风险度可用下式计算:

$$R_{am} = 1 - \int_{x_0}^{x_a} f(x) dx = \int_{x_b}^{x_0} f(x) dx \quad (2-4)$$

式中 x_0 为目标产值, x_a 为最优产值, x_b 为最不利产值, $f(x)$ 为产值 x 的概率分布函数, 所以计算风险链层次上的风险度必须知道两方面信息: 一是各种气象条件下作物的利润情况, 二是各种气象条件发生的概率。风险度愈大, 表示某种农业气象灾害将造成某一量级损失的可能性越大。对每一种农业气象灾害, 均可用风险度来表征其对农业生产的影响程度, 风险度大小的差异也正反映了各种农业气象灾害对农业生产影响程度的差异, 这就为不同作物、不同灾害的比较建立了共同的标准。

由于风险度与可靠度之和等于 1^[2], 而且串联系统的可靠度等于各独立风险链可靠度的乘积^[3], 所以当求得了各条风险链的风险度之后, 就能很方便地求得风险体系的风险度, 这正是用风险体系描述单一作物生长过程的优越性所在。

设各风险链的风险度为 $R_{am1}, R_{am2}, \dots, R_{amn}$, 则由这几个风险链构成的农业气象灾害风险体系的风险度 F_s 为:

$$F_s = 1 - (1 - R_{am1})(1 - R_{am2}) \dots (1 - R_{amn}) \quad (2-5)$$

风险体系层次上的风险度, 综合反映了当地气象条件对某一作物造成的风险的大小, 它是从气候资源的不利一面 (即农业气象灾害) 对气候资源加以定量评价, 分析结果对于农业生产宏观决策具有重要的参考价值。

3 农业气象灾害风险的特点

农业气象灾害风险属自然风险范畴, 除具有客观性、不确定性、潜在性和可测性等一般风险特征外, 还具有自身的特点。

(1) 农业气象灾害风险结果的单一性 气象条件对农业生产的影响有两种不同的结果: 当处于有利的气象条件时, 作物生长状况良好, 产量高, 形成正偏离; 而当不利的气象条件发生时, 作物受害, 产量降低, 构成负偏离。农业气象灾害风险结果的单一性是指农业气象灾害风险为纯风险, 只有单一的风险结果, 一旦发生农业气象灾害, 绝大多数形成负偏离。

(2) 农业气象灾害风险分类层次的多样性 农业气象灾害风险具有多种分类方式, 按致灾因子分有农业干旱风险、农业洪涝风险、农业霜冻风险等等。按承灾体分有农业、牧业、林业、渔业几大风险, 农业风险的承灾体主要是作物, 包括各种粮食作物、经济作物。按作物生育阶段分, 小麦有越冬冻害风险、拔节期的晚霜冻害风险、灌浆乳熟期的干热风风险等等, 水稻有育秧期的烂秧天气风险、抽穗开花期的寒露风风险等等。

(3) 农业气象灾害风险的可比性 对同一层次不同的风险源, 风险度为它们提供了共同的标准, 通过比较风险度的大小, 可反映不同农业气象灾害对农业生产的影响程度。

4 农业气象灾害风险分析过程

农业气象灾害风险分析过程可分为定性分析和定量分析两个阶段, 定性分析重在建立风险链, 进而为单一作物确立风险体系, 并且回答如下一些题:

- (1) 采用何种指标形式衡量灾害的强度?
- (2) 灾害发生后, 对风险事件的影响途径是什么?
- (3) 风险事件的具体形式如何, 作物后期的生长对风险事件有无恢复作用?
- (4) 作物对该种灾害有无抗御能力, 如有, 抗御能力与哪些因素有关?

定量分析旨在计算风险链以及风险体系的风险度, 其核心是建立农业气象灾害风险分析模型。分析模型的建立包括三个步骤: 概念模型设计阶段, 在对华南几种优质水果作农业气象灾害风险分析时, 我们建立了如图 2 所示的概念模型, 其中灾害子模型主要描述灾害的发生的规律, 并包括一些与灾害有关的信息, 抗灾性能模型主要描述抗灾性能的影响因素及其相互之间的关系, 价值子模型描述农业生产过程中作物价值的变化以及灾害发生时对作物价值的影响; 价值子模型的扩充阶段, 价值子模型分析系统最重要的组成成分, 其建立应立足于某一作物生长模型之上, 用作物生长模型描述的干物质积累过程来影射作物价值的增长过程, 同时在模型中引入农业气象灾害影响函数表示灾害对作物生长的影响; 模型实用化阶段, 重点是针对不同农业气象灾害建立各自的影响函数并加入到价

值子模型之中。通过以上三个步骤, 可得到完整的、可操作的评估系统。

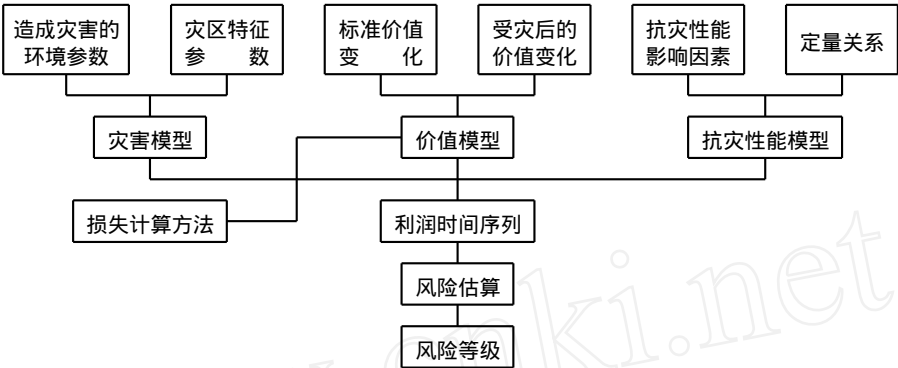


图2 农业气象灾害风险分析概念模型结构图

Fig 2 Structure of concept model of agro-meteorological hazard risk analysis

在对华南几种优质水果的主要农业气象灾害做风险分析时^[4], 我们以改进农业生态地区法^[5]为基础描述作物在生长过程中作物价值的增长过程, 对每种农业气象灾害建立了三个影响函数描述灾害对营养生长期、生殖生长期干物质积累, 以及果实(或籽粒)干物质形成的影响, 按照上述步骤建立了农业气象灾害风险分析实用模型^[6], 应用该模型得到的珠江三角洲芒果风险度如表 1 所示。

表 1 珠江三角洲芒果各风险链和风险体系的风险度

Tab. 1 The Risk Degrees of Each Risk Chain and System of Agro-meteorological hazards for mango in Zhujiang Delta

| 地 点 | 越冬期冻害 | 低温阴雨 | 风险体系 | 地 点 | 越冬期冻害 | 低温阴雨 | 风险体系 |
|-----|-------|------|------|-----|-------|------|------|
| 从化 | 0.20 | 0.69 | 0.75 | 台山 | 0.00 | 0.30 | 0.30 |
| 惠阳 | 0.07 | 0.32 | 0.37 | 珠海 | 0.00 | 0.16 | 0.16 |
| 广州 | 0.00 | 0.40 | 0.40 | 玉林 | 0.03 | 0.77 | 0.78 |
| 高要 | 0.05 | 0.30 | 0.34 | 陆川 | 0.00 | 0.70 | 0.70 |
| 深圳 | 0.00 | 0.07 | 0.07 | | | | |

从表 1 可以看出, 花期低温阴雨天气是珠江三角洲芒果生产最主要的农业气象灾害, 其风险度除南部地区较低外, 其余地区一般都大于 0.3, 在北部的从化地区, 风险程度进一步升高, 接近 0.7, 而越冬期冻害的风险程度明显地低于低温阴雨, 所以解决低温阴雨的灾害是关键所在。为此可根据当地低温阴雨发生规律, 选择适宜的芒果品种, 调节花期使其躲过低温阴雨天气, 将显著提高当地芒果生产水平。从风险体系的风险度来看, 呈较强的纬向分布特征, 在芒果引种过程中应遵循这一地域规律, 选择在低风险区种植将获得较好的经济效益。

5 风险决策与管理

农业气象灾害风险决策是在分析计算了各种农业生产方案下可能发生的农业气象灾害的风险度之后, 选取合理的风险决策方法, 并选择最合理的生产方案付诸实施的过程。引入农业气象灾害风险分析结果, 显著地降低在农业生产决策过程中面临的不确定性。同时选择最优农业生产方案, 针对该方案进行农业气象灾害风险区划, 进而绘制风险区划图, 该图可作为农业气象灾害风险管理提出重要依据。

科学的风险决策能降低农业生产过程中的风险, 却不能消除风险的存在, 风险的存在为我们提出了如何进行风险管理的问题。农业气象灾害风险管理可采用多种措施和方法: 风险抑制, 是根据风险环境的特点, 适当地调整农业生产方式, 通过农业技术的优化和农田基本建设的加强减轻农业生产面临的风险。风险责任分级承担及风险转让, 对于风险度较高的农业生产方案, 可按一定的原则在国家、集体和个人等不同的利益集团间合理地分散风险, 也可采用投保方式将风险转让给保险公司。风险适应, 对风险不大的农业气象灾害可采用风险适应策略, 这种策略不需要太多额外的农业投入, 当灾害发生后可适当地进行补救, 或依据作物自身的恢复能力通过加强后期生产管理弥补灾害损失。

6 结束语

农业气象灾害风险分析是应市场经济的要求而提出的, 它将农业灾害经济学、决策科学引入到农业气象灾害分析之中, 从经济效益的层次上反映各种农业气象灾害的影响, 并为评价这些影响提供一个共同的标准。其分析结果不仅可应用到农业宏观决策, 也能作为农业微观决策的依据, 同时根据风险度的高低选用不同的风险管理策略将进一步提高农业生产的科学性, 使之获得更大的经济效益。

参 考 文 献 (References)

- 1 Gao Shengwen, Jiang Siyao. Enterprise Risk Analysis Shenyang Liaoning University Press, 1989 10~ 56 (In Chinese) [高生文, 蒋思尧 企业风险分析 沈阳 辽宁大学出版社, 1989 10~ 56]
- 2 Luo Ronggao. Risk Analysis Method for Water Conservancy Project Economic Assessment Hangzhou Hangzhou University Press, 1984 5~ 25 (In Chinese) [罗荣高 水利工程经济评价风险分析方法 杭州 杭州大学出版社, 1984 5~ 25]
- 3 Henry E J. Engineering Reliability and Risk analysis Beijing Atomic Energy Press, 1988 31~ 67. (In Chinese) [亨利 E J. 可靠性工程与风险分析 北京 原子能出版社, 1988 31~ 67.]
- 4 Du Peng, Li Shikui. Agro-meteorological Hazard Risk Analysis of Four Fruit Trees in Zhujiang Delta in South China *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 1995 (Supplement) 26~ 32 (In Chinese) [杜鹏, 李世奎等 珠江三角洲主要热带果树农业气象灾害风险分析 应用气象学报, 1995 (增刊) 26~ 32]
- 5 Dullebus J, Karsham A H. The Relationship between Meteorology and Water Rome Food and Agriculture Organization (FAO), 1979 14~ 17. (In Chinese) [杜林博斯 J, 卡萨姆 A H. 气象与水的关系 罗马 联合国粮农组织出版, 1979 14~ 17.]
- 6 Du Peng, Li Shikui. An Agro-meteorological Disaster Risk Analysis Model and its Application *Acta Meteorologica Sinica*, 1997, 55(1) 93~ 102 (In Chinese) [杜鹏, 李世奎 农业气象灾害风险分析模型及应用 气象学报, 1997, 55(1) 93~ 102]

A PRIMARY STUDY ON THE RISK ANALYSIS OF AGRO-METEOROLOGICAL HAZARDS

Du Peng Li Shikui

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Key words agro-meteorological hazards, risk analysis, assessment of agro-climate resources

Abstract

Assessing agro-meteorological hazards from risk viewpoint is actually a new approach to assess agro-climate resources. Risk degree, a kind of relative index, can not only reflect the influence of agro-meteorological hazards on economic benefits, but also provide an effective index for the comparison of different kinds of agro-meteorological hazards.

In this article, agro-meteorological hazard risk is defined as the integration of many negative variations between prospective object and practical outcome under certain agricultural environment and present market conditions.

In order to calculate risk degree for a special crop, first of all, its risk system must be established. The risk system includes ordinary events and risk events lined together in time sequence. Each risk event can be developed into a risk chain; then a pragmatic analysis model must be established, based on a crop development model; at last, by the statistical analysis of practical time series of benefit, the risk degrees of each risk chain and the whole risk system can be calculated.

The construction of risk assessment model is critical for risk analysis. The author divides the whole process of constructing a risk assessment model into three steps: 1) Constructing Concept Model, it is a framework including value model, hazard model and resisting hazard model; 2) Expansion of Value Model, one crop growing model can be used to describe the change of crop value; 3) Hazard Functions, the impact of hazards is described by using these functions.

Meanwhile, some characteristics of agro-meteorological hazard risk and basic methods about the agro-meteorological hazard risk decision and risk management are discussed, and as an example, the risk degrees of agro-meteorological hazards for mango in Zhujiang Delta are also showed in the thesis.

作者简介

杜鹏, 男, 1969年5月生, 1995年获中国气象科学研究理学硕士学位, 同年分配到国家卫星气象中心从事卫星遥感的研究工作。发表“农业气象灾害风险分析模型及应用”、“珠江三角洲主要热带果树农业气象灾害风险分析”、“用NOAA/AVHRR的积分植被指数估算中国粮食总产的研究”等多篇论文。