

陕西省苹果花期冻害风险评估

刘璐^{1,2}, 郭兆夏¹, 柴芊¹, 高峰¹

(1. 陕西省经济作物气象服务台, 陕西 西安 710015; 2. 兰州大学大气科学学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 以 $T_{\min} \leq -1^{\circ}\text{C}$ 为冻害指标, 基于模糊数学和信息扩散理论, 把 1970~2008 年 38 a 间日最低气温 $T_{\min} \leq -1^{\circ}\text{C}$ 的低温天气事件作为风险源, 计算陕西省 27 个苹果主要生产基地县在每年 4 月各时段发生花期冻害的风险水平, 并确定各基地县花期冻害的重点防御时间及开始疏花的时间。结果表明, 4 月全省苹果基地县出现 $T_{\min} \leq -1^{\circ}\text{C}$ 的风险概率均大于十年八遇, 而 4 月 10 日和 20 日后出现 $T_{\min} \leq -1^{\circ}\text{C}$ 的风险概率均小于两年一遇及十年一遇; 此外, 分别用 50% 和 20% 的风险概率作为指标, 确定各基地县花期重点防御结束时间和安全疏花起始时间, 两个时间均从东南向西北逐渐推迟。

关键词: 苹果花期冻害; 信息扩散; 风险评估

中图分类号: S166 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-00251-05

陕西渭北黄土高原是世界苹果的最佳适宜区, 也是中国苹果优势产业带的重点地区。经过 20 多年的快速发展, 到 2007 年, 全省苹果种植面积达 48.7 万 hm^2 , 产量 701 万 t, 占全国苹果总产量的 1/3, 全球的 11%。以苹果为主的果业已成为改革开放以来陕西农村经济发展最快、效益最好的产业之一, 并在全面建设小康社会中发挥着越来越重要的作用。

但是, 陕西也是气象灾害频发的省份之一, 低温冻害、高温热害、冰雹、连阴雨等天气因素同样在制约着陕西果业的产量和品质。在众多气象灾害中, 尤其以花期冻害影响范围最大, 2000~2007 陕西省果业发展统计公报显示, 基本上每年均有果区受到不同程度的花期冻害影响, 花期冻害已成为影响陕西省苹果产量和品质的主要气象灾害。

果树在开花坐果期及幼果膨大期, 由于土壤表面、果树表面以及近地面空气层的温度降低, 引起果树遭受冻害或死亡的现象称为果树花期冻害。苹果花芽受害的临界低温是 -4°C 左右, 在开花期不能忍受 -2°C 以下低温, 幼嫩子房在 -1°C 霜冻时就会死亡^[1]。因此在果树开花和子房形成时期发生冻害, 会使当年的产量和品质遭到最直接甚至最致命的损失^[2]。例如 2006 年 4 月 11 日的强寒潮天气后, 据陕西省经济作物气象服务台实地调查, 关中和渭北东部果区中心花受损率达 30% 左右; 延安和渭西北部果区中心花受损率更是达 60%~70% 左右。

基于花期冻害受天气影响巨大这一特点, 从气

象角度实施有效的风险评估和管理迫在眉睫。由于花期冻害具有不确定性强、多因素影响和难以归属等特性, 因此对其进行风险评估仍是一个难度较大的课题。本文在前人研究的基础上, 采用基于模糊数学的信息扩散方法^[3~9], 从新的角度对全省 27 个苹果主要生产基地县 4 月份不同时间段内花期冻害发生概率进行计算, 以此确定各基地县花期冻害的风险水平, 重点防御时间及开始疏花的时间, 为各级政府 and 果农今后在花期期间有重点的安排生产活动提供科学依据。

1 基于模糊数学的风险评估理论和方法

对于花期冻害天气事件, 属于较小样本事件 (Small-Sample Problem), 应用建立在大数定理基础之上的传统概率统计方法给出的概率统计结果有时就很不可靠, 因此, 较全面地进行气象相关灾害风险评估, 可以采用模糊数学方法。信息扩散是一种对样本进行集值化的模糊数学处理方法, 它为了弥补信息不足而考虑优先利用样本的模糊信息, 从而对样本进行集值化。其原始形式是信息分配, 最初用于地震工程领域。研究证明, 应用该原理进行随机变量的概率密度估计时, 估计均方误差收敛于 0 的速度大于在样本总体完全未知情况下经常用到的直方图估计的均方误差的收敛速度, 因此将风险评估模型建立在模糊数学基础上, 与应用直方图估计的方法相比, 在精确度方面是一个提高。

收稿日期: 2009-07-02

基金项目: 西北地区旱作农业对气候变暖的响应特征及其预警和应对技术研究 (GYHY200806021)

作者简介: 刘璐 (1981-), 女, 陕西西安人, 硕士在读, 助理工程师, 主要从事农业气象业务及气象灾害评价工作。E-mail: orange16@163.com

可以将单值样本变成集值样本,最成熟的模型是正态扩散模型。设统计指数论域为 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, 按照此式, 一个单值观测样本 y_j 可以将其所携带的信息扩散给 U 中的所有点:

$$f_j(u_i) = \frac{1}{h\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y_j - u_i)^2}{2h^2}\right) \quad (1)$$

式中 h 为扩散系数, 可根据样本集合中样本的最大值 b 、最小值 a 和样本个数 m 来确定:

$$h = \begin{cases} 1.6987(b-a)/(m-1), & 1 < m \leq 5 \\ 1.4456(b-a)/(m-1), & 6 \leq m \leq 7 \\ 1.4230(b-a)/(m-1), & 8 \leq m \leq 9 \\ 1.4208(b-a)/(m-1), & 10 \leq m \end{cases} \quad (2)$$

令: $\mu_{y_j}(u_i) = f_j(u_i)/C_j = f_j(u_i)/\sum_{i=1}^n f_j(u_i)$ (3)

把 $\mu_{y_j}(u_i)$ 称为样本 y_j 的归一化信息分布, 就将单值样本 y 变成了一个以 $\mu_{y_j}(u_i)$ 为隶书函数的模糊子集 y^* 。对 $\mu_{y_j}(u_i)$ 进行处理, 可以得到一种效果好的风险评估结果。令:

$$q(u_i) = \sum_{j=1}^m \mu_{y_j}(u_i) \quad (4)$$

其物理意义是: 由 $\{y_1, y_2, \dots, y_m\}$, 经信息扩散推断出, 如果自然现象观测值只能取 u_1, u_2, \dots, u_n 中的一个, 那么, 在将 y_j 均看作是样本代表时, 观测值为 u_i 的样本个数为 $q(u_i)$ 个。显然, $q(u_i)$ 通常不是一个正整数, 但一定是一个不小于零的数。再令:

$$P(u_i) = q(u_i)/Q = q(u_i)/\sum_{i=1}^n q(u_i) \quad (5)$$

事实上, Q 就是各 u_i 点上样本数的总和, $P(u_i)$ 就是样本落在 u_i 处的频率值, 可以作为概率的估计值。对于自然现象统计指数 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 通常将 X 取为统计指数论域, x_i 取为论域 U 中的某一个元素 u_i 。显然, 超越 u_i 的概率值应为式 6, $P(u \geq u_i)$ 就是所要求的风险估计值。

$$P(u \geq u_i) = \sum_{k=i}^n P(u_k) \quad (6)$$

2 陕西省苹果基地县花期冻害风险评估

2.1 花期冻害天气事件的选择及各基地县样本量

4 月是陕西省各苹果基地县果树开花的关键时间, 所以本文将 4 月的 1 日~30 日作为研究对象。为了研究 4 月每一天发生冻害的风险值, 结合气象资料的实际情况, 分析陕西省 27 个苹果生产基地县 1970~2008 年 38 a 间每年 4 月的逐日最低气温, 当 $T_{\min} \leq -1^\circ\text{C}$ 时, 当日就做为一个样本。

2.2 按照信息扩散的方法进行计算

综合各地花期冻害天气事件发生的实际情况和开花主要集中在 4 月上、中旬的特点, 在满足计算方法的情况下, 把一维实数空间上的集合 $[0, 30]$ 作为 x_i 的论域。将连续论域 $[0, 30]$ 按等间距取点, 转变为离散论域, 考虑到求每日的风险值, 故取 31 个点, 构成离散论域: $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} = \{0, 1, 2, \dots, 30\}$ 。以洛川县为例, 此时样本个数 $m = 55$, 样本最大值 $b = 23$, 最小值 $a = 1$, 根据公式(2)可得扩散系数 $h = 0.579$ 。根据公式(1)~(5)计算, 可以得出洛川县 4 月份每天发生冻害的概率值。由于花期是一个时间段, 所以在评估花期冻害风险时需考虑某一时间段内的风险概率。故根据公式(6)得到发生花期冻害的超越概率 P , 即风险估计值。依此类推得到所有基地县的花期冻害风险估计值 P , 其中重点基地县的风险概率分布情况如表 1 所示。

表 1 中, 4 月 1 日对应的一行表示每年 4 月各地发生 $T_{\min} \leq -1^\circ\text{C}$ 的概率, 4 月 15 日对应的一行表示每年 4 月 15 日后各地发生 $T_{\min} \leq -1^\circ\text{C}$ 的概率, 依此类推。同时, 应用画图软件, 我们将计算所得的数据制成风险图(图 1)。它是以发生 $T_{\min} \leq -1^\circ\text{C}$ 的时间为基础, 以不同超越概率值来表示风险水平差别。

从图 1 中可以看出, 对于每年 4 月发生 $T_{\min} \leq -1^\circ\text{C}$ 风险水平, 全省所有苹果基地县都在十年八到九遇的水平上, 富县和黄陵更是一年一遇; 4 月 5 日后的风险水平, 除了白水、澄城、耀县和富平四县低于两年一遇外, 其余各果区均在十年六遇到八遇间; 10 日后, 所有果区的风险水平均低于两年一遇, 并且除了渭北和延安西部果区外, 其余各果区均低于三年一遇; 到 20 日之后, 所有果区的风险水平都降到十年一遇以下, 关中大部、渭北以及延安东部的果区都低于二十年一遇。

3 陕西省苹果花期冻害重点防御时间及疏花时间评估

由表 1 得到全省 27 个苹果基地县花期冻害发生的风险概率, 为了全面客观地衡量花期冻害的重点发生时间, 我们以 50% 的概率为指标^[10], 得到各基地县花期冻害重点防御结束时间分布图(见图 2), 即在这段时间内, 各基地县发生花期冻害的概率大于 50%, 需重点监测, 以防冻害的发生。另外, 以 20% 的概率为指标, 确定疏花开始时间分布图(见图 3), 即从图示时间后, 各基地县发生花期冻害的概率小于 20%, 可以视为安全疏花期开始的标志。

表 1 陕西省苹果基地县花期冻害风险估计值

Table 1 Estimated value of freezing risk at florescence in major apple growing counties of Shaanxi Province

日期 Date (M-d)	富县 Fuxian	洛川 Luochuan	铜川印台区 Yintai·Tongchuan	白水 Baishui	旬邑 Xunyi	凤翔 Fengxiang	礼泉 Liquan
04-01	0.9999	0.9652	0.9181	0.9138	0.9800	0.9275	0.9184
04-02	0.9319	0.8516	0.8092	0.7688	0.8960	0.8096	0.8164
04-03	0.8435	0.7206	0.6933	0.6052	0.7706	0.6805	0.7066
04-04	0.7619	0.6366	0.5915	0.4669	0.6803	0.5800	0.6047
04-05	0.7007	0.5751	0.5138	0.3708	0.6127	0.5251	0.5225
04-06	0.6599	0.5609	0.4583	0.3186	0.6024	0.5051	0.4645
04-07	0.6258	0.5454	0.4177	0.2988	0.5815	0.5000	0.4272
04-08	0.5782	0.5214	0.3847	0.2915	0.5627	0.4952	0.4024
04-09	0.5442	0.4641	0.3531	0.2793	0.5049	0.4772	0.3807
04-10	0.4966	0.3694	0.3179	0.2511	0.4347	0.4313	0.3539
04-11	0.4558	0.2967	0.2772	0.2088	0.3814	0.3569	0.3173
04-12	0.4013	0.2517	0.2328	0.1632	0.3210	0.2722	0.2712
04-13	0.3266	0.1972	0.1888	0.1206	0.2580	0.1975	0.2194
04-14	0.2721	0.1359	0.1488	0.0856	0.1891	0.1449	0.1677
04-15	0.2177	0.1092	0.1151	0.0605	0.1495	0.1129	0.1212
04-16	0.1905	0.0881	0.0886	0.0400	0.1248	0.0866	0.0824
04-17	0.1429	0.0574	0.0694	0.0208	0.1124	0.0558	0.0521
04-18	0.1360	0.0364	0.0569	0.0073	0.1098	0.0265	0.0302
04-19	0.1089	0.0211	0.0500	0.0016	0.1001	0.0085	0.0157
04-20	0.0884	0.0182	0.0469	0.0002	0.0988	0.0017	0.0072
04-21	0.0748	0.0182	0.0458	0.0000	0.0988	0.0002	0.0029
04-22	0.0680	0.0181	0.0455	0.0000	0.0988	0.0000	0.0010
04-23	0.0612	0.0153	0.0455	0.0000	0.0962	0.0000	0.0003
04-24	0.0476	0.0028	0.0454	0.0000	0.0741	0.0000	0.0001
04-25	0.0340	0.0000	0.0450	0.0000	0.0494	0.0000	0.0000
04-26	0.0272	0.0000	0.0437	0.0000	0.0273	0.0000	0.0000
04-27	0.0272	0.0000	0.0402	0.0000	0.0247	0.0000	0.0000
04-28	0.0136	0.0000	0.0333	0.0000	0.0247	0.0000	0.0000
04-29	0.0136	0.0000	0.0227	0.0000	0.0221	0.0000	0.0000
04-30	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000	0.0026	0.0000	0.0000

从图 2 可见, 27 个果业基地县从东南向西北花期冻害的重点防御时间逐渐延长。其中渭北东部偏南果区和关中西部的大部果区花期冻害的重点防御时间集中在 4 月 1~6 日; 渭北东部偏北、渭北中西部大部以及延安的中东部果区花期冻害的重点防御时间集中在 4 月 1~8 日; 而渭北西北以及延安西部果区花期冻害的重点防御时间则是整个 4 月上旬。这与各果区的开花期时间接近, 需要在初花期特别

防范。

从图 3 可见, 27 个果业基地县开始疏花的时间从东南向西北逐渐推后。渭北东部偏南果区疏花时间在 8 日左右, 其中耀县南部和富平两地的时间更早一些, 在 6 日左右; 关中、渭北大部和延安东部果区开始疏花时间在 14 日前后; 渭北西北部和延安大部果区在 15 日之后。

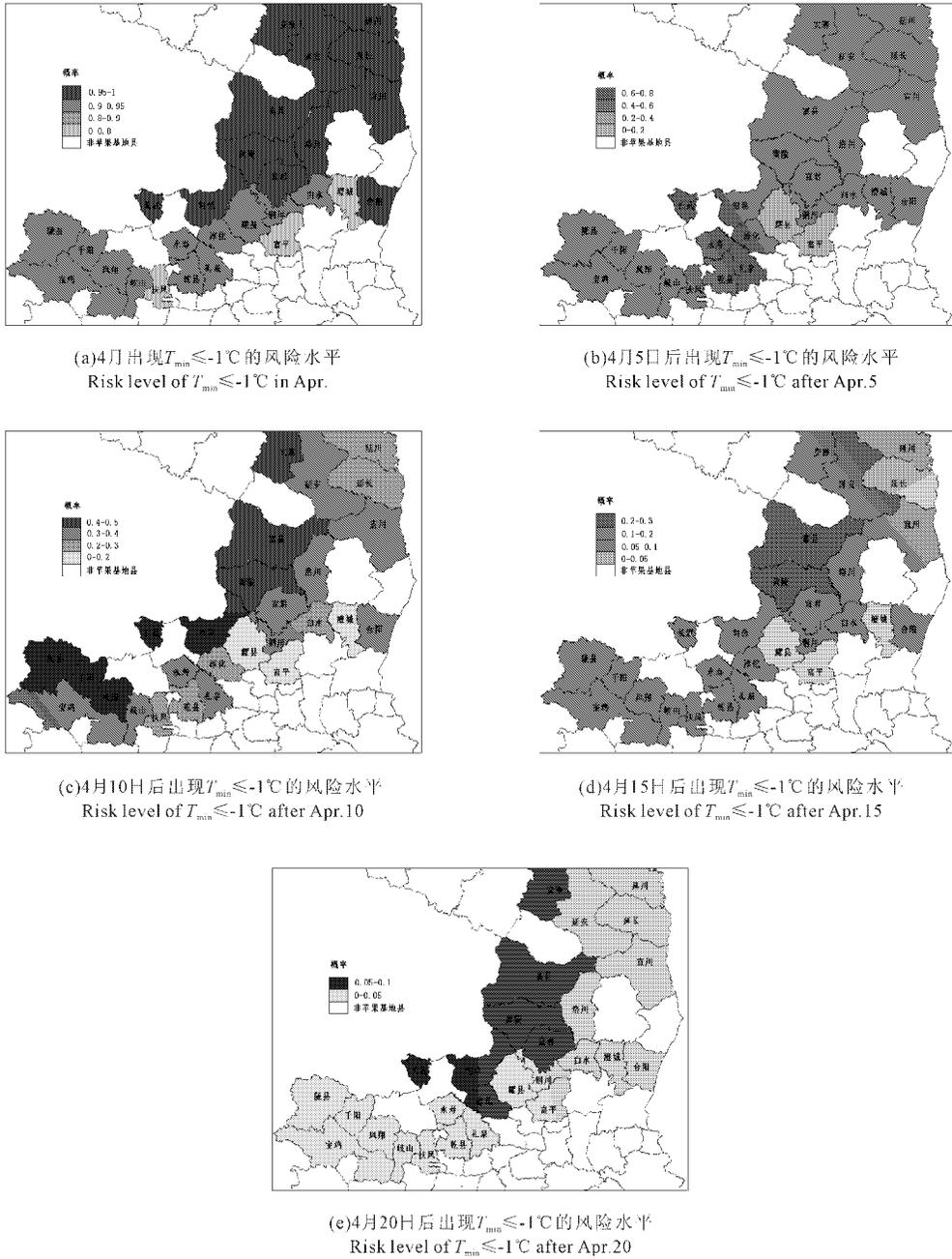


图 1 陕西省苹果基地县花期冻害风险

Fig. 1 Estimated map of freezing risk at florescence in major apple growing counties of Shaanxi Province

4 结论与讨论

1) 利用模糊数学和基于信息扩散理论的风险评估方法,以冻害天气事件作为风险源,冻害发生时间作为研究对象,通过计算超越概率,得到不同时间段内的冻害天气发生概率,对苹果基地县发生冻害的风险进行评估,并进一步确定不同地区花期冻害的重点防御时间和开始疏花的时间,方法简单易行,结果科学明确。

西部果区的风险水平均高于关中及渭北中东部果区,这与果区的地势、纬度及大部分冷空气活动路径基本一致;第二,花期冻害重点防御的结束时间集中在4月4日~10日,这个时间恰恰是各地开花的时间,此时应特别注意防范;疏花的开始时间则较分散,5日开始15日结束。总体来说,陕西省果区花期冻害风险,东南小,西北大。

3) 应用风险评估和分析计算结果,确定各个时间段内各地区花期冻害风险水平,以及花期冻害重点防御的结束时间和疏花的开始时间,有利于提醒

2) 研究发现:第一,任何时间段内,渭北及延安

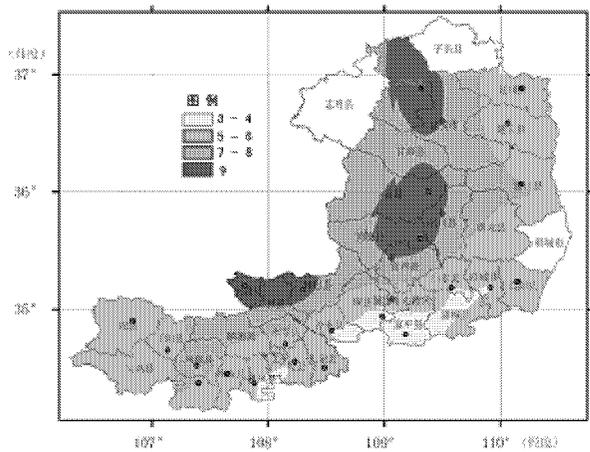


图2 陕西省苹果基地县花期冻害重点防御结束时间(日)

Fig.2 End date of freezing prevention in different counties

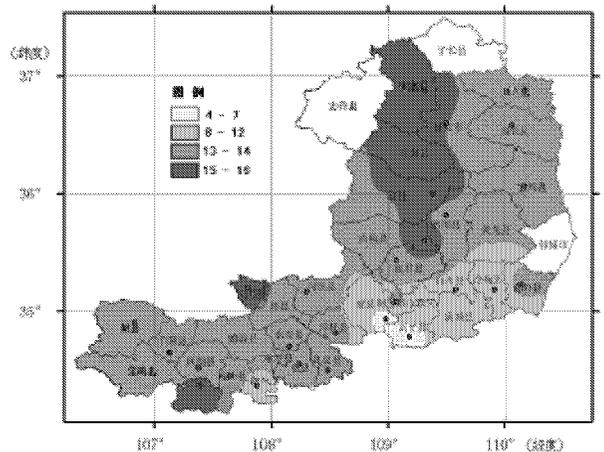


图3 陕西省苹果基地县疏花开始时间(日)

Fig.3 Initial date of flower thinning in different counties

各苹果基地县关注花期冻害天气事件,提高防灾减灾意识,并及时采取防范应对措施^[11],从而达到预防和减轻低温冻害天气事件所造成减产甚至绝产的负面影响。

4) 分析结果从侧面反映了气象对果业生产的巨大影响力,希望政府部门和广大果农对气象部门投入更多的关注。

致谢:感谢罗慧博士的悉心指导。

参考文献:

[1] 汪景颜. 红富士苹果高产栽培[M]. 北京:金盾出版社, 1993, 48-76.
 [2] 葛微衍,张永红,张金武. 渭南市果树花期冻害气候分析[J]. 陕西农业科学, 2005, (3):95-96.

[3] 黄崇福. 自然灾害风险评估理论与实践[M]. 北京:科学出版社, 2006, 2-45.
 [4] 张继权,李 宁. 主要气象灾害风险评估与管理的数量化方法及其应用[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2007, 299-350.
 [5] 罗 慧,张雅斌,刘 璐,等. 高影响天气事件公众关注度的风险评估[J]. 气象, 2007, 33(10):15-22.
 [6] 罗 慧,李良序,刘 璐,等. 气象风险源的社会关注度风险等级分析方法[J]. 气象, 2008, 34(5):9-13.
 [7] 白爱玲,黄崇福. 自然灾害的模糊风险[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(1):47-53.
 [8] 黄崇福,刘新立,周国贤,等. 以历史灾情资料为依据的农业自然灾害风险评估方法[J]. 自然灾害学报, 1998, 7(2):1-8.
 [9] 冯利华. 基于信息扩散理论的气象要素风险分析[J]. 气象科技, 2000, (1):27-29.
 [10] 郭 虎,熊亚军. 北京市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J]. 应用气象学报, 2008, 19(1):35-40.
 [11] 窦 慎,赵晓峰. 苹果花期冻害综合防御技术[J]. 陕西农业科学, 2006, (4):31-33.

Assessment of freezing risk at apple florescence in Shaanxi Province

LIU Lu^{1,2}, GUO Zhao-xia¹, CHAI Qian¹, GAO Feng¹

(1. Shaanxi Provincial Meteorological Service for Economical Crops, Xi'an, Shaanxi 710015, China;

2. College Of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Using $T_{min} \leq -1^{\circ}C$ as freezing index, by taking the information of freezing weather events of 27 major apple growing counties in Shaanxi Province from 1970~2008 as the background, fuzzy mathematics and information diffusion theory are applied to analyze quantitatively the risk level in different time and to ascertain the priority prevention time and flower thinning time. The results indicate that in the whole 27 major apple growing counties, the risk probability in April is always greater than 80%, but is lower than 1/2 and 1/10 after Apr. 10 and Apr. 20. In addition, the end of key prevention time and initiation of safe flower thinning time are ascertained by using risk probability in 50% and 20% as index, both of which are postponed gradually from southeast to northwest.

Keywords: freezing at apple florescence; information diffusion; risk assessment