

文章编号 :1003- 8701(2012)01- 0057- 04

吉林延边苹果梨冻害指标研究

王文跃¹, 袭祝香², 纪玲玲²

(1. 长春市绿园区林业站, 长春 130062; 2. 吉林省气象台, 长春 130062)

摘要: 利用吉林省延边地区 1949~2010 年苹果梨产量资料、延边苹果梨主产区建站以来的气象资料, 采用主分量分析、相关系数计算等数理统计方法对吉林省延边冬季冻害指标进行了研究。结果表明: -18°C 可以作为苹果梨冬季冻害临界温度。据此临界温度, 利用冬季(12~2 月)极端最低气温低于 -18°C 的持续日数、极端最低气温、最大降温幅度及有害积寒作为苹果梨冬季冻害致灾因子, 采用主分量叠加各致灾因子的方法得出了苹果梨冬季综合冻害指数。以综合冻害指数为基础, 将冬季苹果梨冻害分为轻度、中度、重度、严重 4 个等级。

关键词: 苹果梨; 冬季; 冻害指标

中图分类号: S661.2

文献标识码: A

Studies on Winter Freezing Injury Indexes of Apple-pear in Yanbian Area of Jilin Province

WANG Wen- yue¹, XI Zhu- xiang², JI Ling- ling²

(1. Forestry Station of Lvyuan District of Changchun City, Changchun 130062; 2. Meteorological Station of Jilin Province, Changchun 130062, China)

Abstract: The data of production of apple- pear from 1949 to 2010 and the meteorological data of major apple- pear production area in Yanbian area of Jilin Province were collected and analyzed. The freezing injury indexes of apple- pear were studied using the principal component analysis, the correlation coefficient calculations and other methods of mathematical statistics. The research results showed that -18°C was the critical temperature for apple- pear winter freezing injury. According to the critical temperature, the extreme minimum temperature (below -18°C from December to February) continuous days, extreme minimum temperature, maximum cooling extent and harmful chilling accumulation were used as the disaster- inducing factors. The comprehensive freezing injury indexes of apple- pear were obtained by using the method of principal component superposition of the hazard. The grades of freezing injury could be divided into four grades: light freezing injury, medium freezing injury, severe freezing injury and extremely severe freezing injury.

Keywords: Apple-pear; Winter; Freezing injury index

苹果梨为我国优良梨品种之一, 素有“北方梨中之秀”的美称, 苹果梨原产于吉林省延边地区, 在当地已有 80 多年的栽培历史, 近年来各地苹果梨生产发展迅速, 目前栽培范围已经扩展到北方十几个省市, 取得了显著的经济、社会效益, 但由于北方气候条件寒冷, 寒冬的冻害经常给苹果梨

生产带来严重损失, 例如 2001 年 1 月吉林省延边气温明显偏低, 苹果梨发生冻害, 苹果梨比上一年减产达 70%。为客观、定量地评估苹果梨冻害等级及其对产量的影响, 有必要对冬季苹果梨冻害指标进行研究, 从而使苹果梨冻害监测、预警、评估更加规范化, 为水果生产防灾减灾, 特别是有针对性进行水果生产气象灾害的监测、预警、评估及其防御, 以及制定救灾政策、措施, 调整水果产业布局 and 结构等提供科学依据。

对于苹果梨冻害, 有关专家曾进行了大量的

收稿日期: 2011- 12- 31

作者简介: 王文跃(1963-) 男, 高级农艺师, 主要从事林业、园艺果树业务和研究工作。

研究, 袁祝香等^[2-3]的苹果梨产量与气象条件关系初探、苹果梨适宜栽植区域划分的研究、郭长城^[4]的苹果梨冻害观察研究、王花兰等^[5]的苹果梨花期冻害与防冻技术、石慧芹等^[6]的北方地区花芽冻害对密植苹果梨幼树产量的影响、吕义等^[7]的苹果梨冻害调查、徐炯达等^[8]的延边地区苹果梨抗寒生理研究, 上述研究没有涉及到寒冬苹果梨的冻害指标研究, 因此, 能够客观反映苹果梨寒冬冻害指标有待于建立。

文中延边地区 9 县(市)逐日平均气温、最低气温资料来自于吉林省气象局, 资料年代为 1951~2010 年, 延边地区苹果梨产量资料来自于延边地区统计局, 资料年代为 1949~2010 年。

1 苹果梨冬季冻害临界温度的确定

杜尧东^[9]等利用冬季(12 月~2 月)≤ 5℃ 期间的低温持续日数、日平均气温的最大降幅、极端最低气温、有害积寒对冬季广东省香蕉与荔枝寒害致灾因子和综合寒害指标进行了很好的描述, 本文参考其方法。

设苹果梨在某临界温度出现冻害, 定义冻害过程为: 当最低气温 ≤ 临界温度时, 为冻害过程开始, 当最低气温 > 临界温度时, 为冻害过程结束。期间出现日平均气温降温幅度、最低气温、持续日数、有害积寒作为过程降温幅度、过程最低气温、过程持续日数、过程有害积寒。将临界温度下历年冬季全部冻害过程日平均气温的最大降温幅度、极端最低气温、持续日数之和、有害积寒之和作为该年的冻害期最大降温幅度、冻害期最低气温、冻害持续日数、有害积寒。其中过程有害积寒近似算法^[8]如下:

$$x_{\text{过程}} = 1/4 \sum_{x_2}^{x_1} (t_c - t_{\min})^2 / (t_m - t_{\min}) \quad (1)$$

式中 $x_{\text{过程}}$ 为过程有害积寒 (°C·d), x_1 为过程开始日, x_2 为过程结束日, t_c 为临界温度, t_m 为日平均气温, t_{\min} 为日最低气温。

采用主分量分析法对上述某临界温度下的历年冻害期最大降温幅度、冻害期最低气温、冻害持续日数、有害积寒 4 个致灾因子进行最优权重叠加作为苹果梨冬季综合冻害指数, 这样做的好处是叠加后的指标既能有效地反映原来指标的主要信息量, 同时新的指标之间又不存在相互关系。主分量分析法的计算过程如下。

首先对冻害 4 个致灾因子数据逐一进行标准化处理。标准化处理方法如下:

$$X_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}} \quad (2)$$

式中 x_i 为某一致灾因子的第 i 年的实际值, \bar{x} 为某一致灾因子的多年平均值, i 为年份, n 为总年数, X_i 为某一致灾因子的第 i 年的标准化值。

然后对于每一测站的 n 年 4 个致灾因子 x_1, x_2, x_3, x_4 的标准化资料系列, 构成一个 $n \times 4$ 的标准化数据矩阵。

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & X_{24} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X_{n1} & X_{n2} & X_{n3} & X_{n4} \end{pmatrix} \quad (3)$$

求 X 阵的协方差矩阵 R 。

计算协方差矩阵 R 的特征根 $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4$ 和特征向量。

$$V = \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} & V_{13} & V_{14} \\ V_{21} & V_{22} & V_{23} & V_{24} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ V_{n1} & V_{n2} & V_{n3} & V_{n4} \end{pmatrix} \quad (4)$$

计算累计方差贡献率, 确定主分量个数。

$$G_p = \left(\sum_{k=1}^p \lambda_k \right) / \left(\sum_{k=1}^m \lambda_k \right) \times 100\% \quad (p < 4) \quad (5)$$

G_p 称为前 p 个主分量的累计贡献率。当 $G_p > 80\%$ 时, 就选这 p 个主分量作为独立的综合指数, 它们是原来致灾因子的线性组合。

$$y_1 = v_{11}x_{i1} + v_{21}x_{i2} + v_{31}x_{i3} + v_{41}x_{i4}$$

$$y_p = v_{1p}x_{i1} + v_{2p}x_{i2} + v_{3p}x_{i3} + v_{4p}x_{i4}$$

在吉林延边苹果梨栽培中, 无论是栽培面积还是产量, 龙井都占 60% 以上, 因此, 这里先用龙井的气象资料进行计算。

有关文献中^[2-3]曾指出, 苹果梨冬季冻害与 -15℃ 和 -20℃ 关系密切, 为此, 本文计算了龙井 -10~-25℃ 下历年冻害期最大降温幅度、冻害期最低气温、冻害持续日数、有害积寒 4 个致灾因子, 采用上述(2)~(6)式计算了 -10~-25℃ 等温度下历年主分量综合指数值, 利用 -10~-25℃ 等温度下历年主分量综合临界值 (主分量的累计贡献率 80% 的综合指数) 和延边地区苹果梨相对气象产量求相关, 苹果梨相对气象产量算法如下。

气候、土壤、水果品种、水果生产技术措施等是水果产量的重要影响因素。这些因素与水果产量之间存在着许多线性和非线性的相互作用, 一

般将影响水果产量的因素按性质和时间尺度划分为水果生产技术措施、气象条件和随机“噪声”三大类,在略去了通常影响不大的“噪声”之后,水果产量可简化为:

$$\hat{y}=\hat{y}_t+\hat{y}_w \quad (7)$$

式中 \hat{y} 为水果产量, \hat{y}_t 为技术趋势产量, \hat{y}_w 为气象产量。这里技术产量(简称趋势产量)是水果在正常天气条件下,农业技术措施没有明显变化时的基本产量特征,代表着气象条件变化之外所有自然和非自然因素的影响,而气象产量代表气象因素对产量的影响,也包括了某些气象灾害的影响。

根据历年苹果梨实际产量计算趋势产量,假

定苹果梨生产水平的逐年改变是线性的,因而采用直线滑动平均法计算趋势产量,这里采用5年滑动平均,则苹果梨气象产量如下。

$$\hat{y}_w=\hat{y}-\hat{y}_t \quad (8)$$

进一步作相对化变换:

$$\hat{y}_n=\hat{y}_w/\hat{y}_t \quad (9)$$

\hat{y}_n 为一个相对比值,不受历史时期不同生产技术水平差异的影响,称为苹果梨相对气象产量,其物理意义表明苹果梨产量波动的幅值,不受时间和空间影响,具有可比性。

龙井-10~-25℃等温度下主分量综合指数值和苹果梨相对气象产量 \hat{y}_n 的相关系数见表1。

表1 龙井-10~-25℃下主分量综合指数值和苹果梨相对气象产量相关系数(年数:55)

温度	-10℃	-11℃	-12℃	-13℃	-14℃	-15℃	-16℃	-17℃
主分量因子数	3	3	2	2	2	2	2	2
相关系数	-0.216	-0.187	-0.376	-0.352	-0.371	-0.411	-0.419	-0.420
相关信度	0.1	未通过	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
温度	-18℃	-19℃	-20℃	-21℃	-22℃	-23℃	-24℃	-25℃
主分量因子数	2	2	2	2	2	2	2	2
相关系数	-0.448	-0.418	-0.387	-0.421	-0.290	-0.268	-0.276	-0.276
相关信度	0.001	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05

由表1可见,-10~-25℃等温度下的主分量综合指数值和苹果梨相对气象产量都呈负相关,即由冬季有害积寒、冻害持续日数、冻害期最低气温、冻害期最大降温幅度表征的主分量综合指数值越大,苹果梨产量越低,反之亦然,大部分都通过了0.05以上信度检验,说明冬季冻害对苹果梨产量影响较大,而且随着温度的降低,相关系数(绝对值)越来越大,当温度达到-18℃时,相关系数(绝对值)达到最大,为-0.448,通过0.001的信度检验,之后随着温度的降低,相关系数(绝对值)逐渐下降了。其物理意义是,当温度高于-18℃时,相关系数(绝对值)逐渐增大,表明含有冻害的

信息量逐渐加大;到-18℃时,相关系数达到顶点,表明含有冻害的信息量最全;当温度低于-18℃时,相关系数(绝对值)逐渐降低,表明含有冻害的信息量已经逐渐损失了,因此,-18℃可以作为表征冬季苹果梨冻害临界温度,这和我们在有关文献^[2-3]的认识基本吻合。

上述计算分析是从龙井资料得到的,对于吉林省延边地区是否具有普遍意义,为此,计算了龙井主分量综合指数值与延边地区其它8个县(市)-18℃温度下由4个致灾因子计算的主分量综合指数值(主分量的累计贡献率80%)的相关系数(表2)。

表2 龙井与延边地区其它8个县(市)-18℃温度下主分量综合指数值的相关系数

站名	敦化	安图	二道	延吉	和龙	图们	珲春	汪清
相关系数	0.7296	0.7646	0.7171	0.8321	0.7749	0.8115	0.6636	0.6890
年数	56	51	53	56	54	35	54	54

由表2可见,龙井与延边地区其它8个县(市)-18℃温度下主分量综合指数值的相关系数极好,都通过0.001的极显著信度检验,因此,-18℃具有很好的代表性,-18℃作为表征冬季苹果梨冻害临界温度具有普遍意义。

2 苹果梨冬季综合冻害指数的建立及冻害等级划分

2.1 苹果梨冬季综合冻害指数的建立

上述计算分析确定了-18℃作为表征冬季苹果梨冻害临界温度,则龙井苹果梨冬季综合冻害指数由-18℃温度下两个主分量 y_1 、 y_2 来确定。

$$y_1=0.554x_1+0.528x_2-0.53x_3-0.366x_4 \quad (10)$$

$$y_2=0.334x_1+0.285x_2+0.014x_3+0.898x_4 \quad (11)$$

上述两个主分量的方差占总方差的86%,将上述两个主分量叠加,则得到最终苹果梨冬季综

合冻害指数算式 y_0 。

$$y=0.888x_1+0.813x_2-0.516x_3+0.532x_4 \quad (12)$$

上述公式(10)~(12) $x_1、x_2、x_3、x_4$ 分别为 4 个致灾因子即冬季有害积寒、冻害持续日数、冻害期最低气温、冻害期最大降温幅度。从公式(12)可以看出,冬季有害积寒、冻害持续日数在综合指标中作用相当,且作用较大,冻害期最低气温、冻害期最大降温幅度在综合指数中作用相当,作用次之。

由(12)式即可以计算龙井所有年份的综合冻害指数,由表 2 可知,龙井与延边地区其它 8 个县(市)-18℃ 温度下主分量综合指数即综合冻害指数相关关系极好,即龙井具有较好的代表性,因此,延边地区其它 8 县(市)可以利用(12)式和当地 4 个致灾因子计算各地的综合冻害指数。此外,这里也给出了延边地区其它 8 县(市)的综合冻害指数算式(表 3),各地也可以根据各自的综合冻害指数算式计算历年综合冻害指数。

表 3 延边地区各县(市)苹果梨综合冻害指数算式

地区	苹果梨综合冻害指数算式(皆为两个主分量叠加)	累积方差贡献率(%)
敦化	$y=0.777x_1+0.530x_2-0.638x_3+0.842x_4$	86
安图	$y=0.683x_1+0.751x_2-0.454x_3+0.871x_4$	87
二道	$y=0.808x_1+0.659x_2-0.620x_3+0.729x_4$	82
延吉	$y=0.760x_1+0.964x_2-0.527x_3+0.463x_4$	89
和龙	$y=0.719x_1+0.590x_2+0.609x_3+0.874x_4$	90
图们	$y=0.832x_1+0.596x_2-0.753x_3+0.619x_4$	88
珲春	$y=0.925x_1+0.781x_2-0.576x_3+0.445x_4$	90
汪清	$y=0.761x_1+0.693x_2-0.586x_3+0.771x_4$	86

由表 3 可以看出,尽管构成延边其它 8 个县(市)综合冻害指数 y 的 $x_1、x_2、x_3、x_4$ 前的系数不同,但正负和(12)式非常的一致,从而也说明了由龙井确定的综合冻害指数很有代表性。

2.2 苹果梨冬季冻害等级划分

表 4 吉林省延边地区苹果梨冻害等级划分

冻害等级	轻度	中度	重度	严重
综合冻害指数	$y<0.5$	$0.5 \leq y < 1.2$	$1.2 \leq y < 2.0$	$y \geq 2.0$
减产率	<10%	10%~30%	30%~50%	>50%

相对气象产量是一个相对值,表明实际水果产量偏离趋势产量的波动幅度,一般将实际产量低于当时趋势产量的百分率称为“减产率”,即相

对气象产量的百分率为负值称为减产率。考察各地苹果梨的减产率和综合冻害指数的对应关系,初步将苹果梨综合冻害指数划分为 4 个等级(表 4)。

由上述指标对各站历史减产的年份进行了考察,拟合正确率一般在 70%以上,尤其对于冬季冻害严重年份如 1977 年、2011 年,冻害综合指数对应的较好。

3 结 语

综合以上分析,可以得到如下结论:

(1)-18℃ 可以作为延边苹果梨冬季冻害临界温度,-18℃ 具有很好的代表性,作为表征冬季苹果梨冻害临界温度具有普遍意义。

(2)以 -18℃ 作为临界温度,采用主分量分析方法叠加各致灾因子可以得到苹果梨综合冻害指数,该指数和苹果梨产量有较好的相关关系,物理意义明确。

(3)利用苹果梨综合冻害指数和产量的对应关系,可以将苹果梨冻害划分为轻度、中度、重度、严重 4 个等级。

(4)北方十多个省市的苹果梨都来源于吉林省延边地区,上述冬季冻害临界温度以及冬季综合冻害指数是否适用于其它省份,有待于进一步探讨。

参考文献:

[1] 荆子然,金东权,等. 苹果梨[M]. 延边:延边人民出版社,1989:20-121.

[2] 袭祝香,潘旭,刘玉英,等. 苹果梨产量与气象条件关系初探[J]. 吉林气象,1995(4):38-42.

[3] 袭祝香,潘旭,刘玉英,等. 苹果梨适宜栽植区域划分的研究[J]. 中国农业气象,1996,16(1):28-31.

[4] 郭长城. 苹果梨冻害观察研究[J]. 东北农业大学学报,2000,31(3):253-257.

[5] 王花兰. 苹果梨花期冻害与防冻技术[J]. 甘肃农业,2004,212(3):39.

[6] 石慧芹,宋宝林,李成,等. 北方地区花芽冻害对密植苹果梨幼树产量的影响[J]. 内蒙古农业科技,2003(3):10-11.

[7] 吕义,魏娇玲,赵红菊,等. 苹果梨冻害调查[J]. 北方果树,2002(1):24.

[8] 徐炯达,朴成日,高文浩,等. 延边地区苹果梨抗寒生理研究[J]. 延边大学农学学报,2009,31(1):26-31.

[9] 杜尧东,李春梅,毛慧琴. 广东省香蕉与荔枝寒害致灾因子和综合气候指标研究[J]. 生态学杂志,2006,25(2):225-230.

[10] 霍治国,杜尧东,姜燕,等. 香蕉、荔枝寒害灾害等级[J]. 2004. 行标.