

甘肃平凉市苹果花期冻害风险分析及区划

杨小利^{1,2}

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,
中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020;
2. 甘肃省平凉市气象局, 甘肃 平凉 744000)

摘 要: 利用平凉 7 县(区)气象资料、6 个县(区)的苹果物候观测资料和产量资料, 对苹果花期冻害指标、因冻减产情况及不同等级冻害发生频率进行了分析。根据平凉近年来苹果花期冻害实地调查, 将花期冻害分为三种强度等级即重度 ($T \leq -3.5^{\circ}\text{C}$)、中度 ($T \leq -1.5^{\circ}\text{C}$) 和轻度 ($T \leq 0^{\circ}\text{C}$), 不同冻害等级对应不同的减产率。在平凉 7 个县(区)中, 华亭花期冻害发生最严重, 不同等级的冻害发生 1 年 1~2 次, 崇信花期冻害则最轻, 不同等级冻害 3 年 1 次, 其他县(区)1~2 年 1 次, 全市不同等级冻害的频率分布表现出轻度 > 中度 > 重度的特点。在此基础上, 以冻害灾损率作为风险区划指标, 将苹果花期冻害风险分为 3 个区: 高风险区、中风险区和低风险区。本市多数区域属于中风险区和低风险区, 重度冻害发生较少, 但中度冻害和轻度冻害发生仍较频繁。建议全市在目前果园布局的基础上, 应进一步加大中东部低风险区的苹果种植。

关键词: 苹果; 花期冻害; 风险; 区划

中图分类号: S661.1; S162.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)04-0231-05

Risk assessment and regional division of frost damage during apple bloom period in Pingliang City, Gansu Province

YANG Xiao-li^{1,2}

(1. Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration/Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province/Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China;
2. Pingliang Meteorological Bureau, Pingliang, Gansu 744000, China)

Abstract: Using the meteorological data from 7 counties (districts), and the phenological records and output data from 6 counties (districts) in Pingliang City, Gansu Province, the indicators for frost damage during apple bloom period, the output loss caused by frost damage and the occurrence frequency for different damage degrees were analyzed. According to field investigations of frost damage in recent years, the grades for frost damage during apple bloom period were classified into three levels: serious ($T \leq -3.5^{\circ}\text{C}$), moderate ($T \leq -1.5^{\circ}\text{C}$) and slight ($T \leq 0^{\circ}\text{C}$), which corresponded to different rates of output loss. In the 7 counties (districts) in Pingliang, frost damage was most serious in Huating where the occurrence frequency of frost damage with different levels was 1 – 2 times per year, and it was most slight in Chongxin where the occurrence frequency of frost damage with different levels was 1 time every 3 years, while the occurrence frequency was 1 time every 1 – 2 years in other counties (districts). The frequency distribution of frost damage for different levels was ordered as: slight > moderate > serious. Furthermore, the regional division of damage risk for apple was made by using loss rate. The whole city could be divided into 3 regions including high risk region, mid risk region and low risk region, and most part of the city belonged to the mid or low risk region. Serious frost damage occurred rarely, but moderate and slight frost damage occurred frequently in Pingliang. It is suggested that, on the basis of current layout of orchards, the planting area be further expanded in the middle and eastern part of Pingliang where belongs to the low risk region.

Keywords: apple; frost damage during bloom period; risk; regional division

收稿日期: 2013-04-10
基金项目: 甘肃省气象局“果树花期冻害政策性农业保险气象风险指数及气象理赔指数的研究”(2013 – 15)
作者简介: 杨小利(1967—), 女, 陕西凤翔人, 硕士, 高级工程师, 主要从事应用气象及干旱气候变化与干旱监测研究。E-mail: plyxl@126.com。

平凉是农业部划定的苹果最佳适生区,所产苹果个大、色艳、硬度强、糖分高、品质佳、耐储存、货架期长,深受广大客商和消费者青睐,以静宁苹果为代表的我国第一个苹果类注册商标“平凉金果”在海内外享有很高的知名度,至 2011 年底,全市苹果种植面积发展到 10.67 万公顷,现有果园面积占耕地面积的 29%,并以每年近 1.33 万公顷的种植速度在增长,是甘肃省最大的果产业发展基地,苹果生产是当地农民脱贫致富的优势产业,迄今已成为平凉重要的经济支柱之一。

平凉水热同季、光照充足、昼夜温差大,果树种植生态气候优势明显,但同时由于受大陆性季风气候影响和复杂地形地貌的影响,各地气候条件差异较大,气象灾害发生频繁,其中花期冻害是影响苹果产量和品质最主要的气象灾害之一,近年来花期冻害引起的苹果产量大幅度波动成为果产业发展的重要制约因素。随着气候变暖,苹果花期明显提前,冻害风险增加^[1-5],严重影响到苹果的产量和品质,例如 2005 年 5 月 6 日的一次霜冻,就使静宁果区中心花受损率达 40%,影响到当年的苹果产量和品质。如何避开气象灾害易发区域,合理扩大种植面积和规模,需要了解和掌握本地不同区域的气候特点进行合理规划。

近年来各地在苹果气象方面围绕需求开展了一些研究工作,李美荣等基于连阴雨灾害指数,对陕西省苹果产区苹果生长风险进行了量化分析,并分析了气候变化背景下花期冻害在陕西苹果产区的发生风险,以县为单位将陕西苹果花期冻害风险分为 4 个区^[6-7];刘璐等基于模糊数学和信息扩散理论,计算了陕西省苹果主要生产县 4 月各时段发生花期冻害的风险水平,确定了各县花期冻害的重点防御时间及开始疏花的时间^[8];许彦平等分析了影响天水苹果生长的主要农业气象灾害因子,并进行量化评估影响研究^[9];李健提出了不同等级苹果花期冻害气象服务预警指标^[10];柴芊等对陕西省果业基地县的苹果花期冻害指数及预报方法进行了研究^[11];柏秦凤等依据气候致灾风险的基本原理和模型,计算获得陕西各代表县县站及其境内区域站的花期冻害风险指数,并基于 GIS 系统制作了各代表县的降尺度苹果花期冻害风险分布图^[12]。但对于日益发展的平凉苹果种植区来说,在影响苹果生长的花期冻害方面研究尚未涉及,本文通过分析苹果产量资料和相关气象资料,结合实地调查,建立了适用于平凉的花期冻害评估指标,并进行风险分析及区划,为合理调整、优化苹果生产布局,趋利避害发

展果产业提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

逐日极端最低气温等气象资料来源于平凉市 7 个县(区)气象站 1965—2011 年的气象观测资料,苹果物候资料来源于 2007—2011 年除华亭外其他 6 个县(区)气象站苹果物候观测,1986—2011 年的苹果产量资料来源于平凉统计年鉴。

1.2 苹果因灾减产程度的确定

影响苹果产量形成的因素很多,可划分为气象条件、农机措施和随机“噪音”三大类,其一般通式为^[13]:

$$y = y_t + y_w + \Delta y \tag{1}$$

式中: y 为实际产量; y_w 为气象产量; y_t 为趋势产量; Δy 为“噪音”项,所占比例很小,在实际计算中常被忽略,不予考虑,因此(1)式常简化为:

$$y = y_t + y_w \tag{2}$$

苹果因灾减产程度采用多项式拟合趋势产量资料(随着苹果栽培技术的提高,苹果产量的大小年影响问题基本可以通过农技措施得到消除,可包含在趋势产量中),从历年实际产量中分离出气象产量,计算相对气象产量百分率:

$$y_f = \frac{y_w}{y_t} \times 100 = \frac{y - y_t}{y_t} \times 100 \tag{3}$$

式中: y 为实际产量; y_f 为相对气象产量百分率(%)。

1.3 苹果花期冻害灾损率的确定

苹果冻害灾损率与不同冻害等级下的减产率强度及其发生频率有关:

$$Q = \sum_{j=1}^m J_j p_j \tag{4}$$

式中: Q 为花期冻害灾损率; J_j 为第 j 种冻害下的平均减产率; p_j 为第 j 种冻害出现的频率; m 为冻害等级总数。

2 结果与分析

2.1 苹果花期冻害灾损风险分析

2.1.1 苹果花期冻害时段及冻害指标 平凉市苹果种植区基本分布在全市海拔高度 1 600 m 以下的川区和山塬区,各县(区)均有适宜种植的区域,以六盘山为界,习惯分为中东部果区和西部果区,受气象条件和地形影响,东西部开花期和花期持续时间有较大差异。近年来平凉主要种植的红富士苹果系列,属于花期易受冻害的品种,果树花期易发生冻害

的时段一般在初花~终花期间,根据平凉市气象局 2007—2012 年苹果物候观测记录,中东部果区花期主要在 4 月中旬至 4 月下旬,西部果区花期主要在 4 月下旬至 5 月上旬,由于全市幼果期均在 5 月上旬之后,冻害很少出现,且幼果期冻害减产主要是由于花期冻害造成花序发育不良而引起,因此主要分析花期冻害,中东部果区统计 4 月 15 日至 5 月 5 日,西部果区统计 4 月 25 日至 5 月 15 日,选择该时段做为冻害分析时段。

据有关文献^[14-15],红富士苹果花期霜冻的临界低温为花蕾期-3.8℃~-2.8℃,开花期-1.7℃~-2.2℃,雌蕊受冻。根据平凉近年来苹果花期冻害实地调查,苹果开花期受冻的临界温度为-1.5℃左右,0~-1.5℃出现轻度冻害,0~-3.5℃时出现中度冻害,温度低于-3.5℃,出现重度低温冻害,因此将花期冻害分为三种强度等级统计花期温度 T ,即 $T\leq-3.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-3.5^{\circ}\text{C}<T\leq-1.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-1.5^{\circ}\text{C}<T\leq0^{\circ}\text{C}$ 三个等级。

2.1.2 因冻减产情况 本地苹果栽培目前基本已实现规范化种植,在农技措施变动不大的情况下,气象条件成为影响苹果产量最主要因素,影响本地苹果生产的主要气象灾害有低温冻害、干旱、冰雹、秋季连阴雨等,其中秋季连阴雨主要对苹果品质造成影响,干旱可通过栽植和管理技术进行调控,冰雹是

局地性较强的灾害,因此花期低温冻害是对苹果产量影响最大的气象灾害。由式(3)计算的相对气象产量百分率剔除了社会经济因素、种植水平等的影响,能够反映出气象因素对苹果产量的影响。将相对气象产量为负的年份定义为减产年,对应的相对气象产量百分率为减产率,减产率反映出受气象灾害影响苹果减产程度,负值越大,产量受气象灾害影响减产率越大。利用平凉市各县(区)1986—2011 年的苹果产量资料,计算其减产率,分离出冻害严重年份的苹果减产率,与实际调查情况相结合,确定出不同等级花期冻害的平均减产率。

表 1 苹果花期冻害指标及平均减产率			
Table 1 The frost damage index during the period of bloom and its average yield loss rate			
冻害等级 Frost damage degree	轻度 Light	中度 Middle	重度 Severe
最低温度/℃ The minum temperature	0~-1.5	-1.5~-3.5	<3.5
平均减产率/% Average yield loss rate	25	45	65

2.1.3 不同等级冻害发生频率 按照三种强度的花期冻害标准,利用 1965—2011 年 47 年逐日最低气温资料,统计崆峒等 7 个县(区)苹果花期不同等级冻害发生次数,计算其冻害频率,结果见表 2。

表 2 平凉市各县(区)苹果花期不同等级冻害发生频率/%							
Table 2 Frequency of different frost degree during the period of bloom in Pingliang							
低温范围/℃ Low temperature range	崆峒 Kongtong	泾川 Jingchuan	灵台 Lingtai	崇信 Chongxing	静宁 Jingning	庄浪 Zhuanglang	华亭 Huating
0.0~-1.5	38.3	61.7	70.2	23.4	70.2	46.8	78.7
-1.5~-3.5	23.4	12.8	27.7	8.5	27.7	17.0	40.4
<-3.5	2.1	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	12.8

从表可看出,平凉各地苹果花期轻度冻害的发生频率在 23.4%~78.7%,华亭、灵台、静宁最大,在 70%以上,1 年 1~2 次,崇信最小,约 4~5 年 1 次;中度冻害的发生频率在 8.5%~40.4%,华亭最大,基本上 2~3 年 1 次,崇信最小,11~12 年 1 次;重度冻害东部三县及庄浪均未出现过,华亭最大,7~8 年 1 次。总体来看,华亭花期冻害发生最严重,不同等级的冻害发生 1 年 1~2 次,崇信花期冻害则最轻,不同等级冻害 3 年 1 次,其他县(区)1~2 年 1 次。全市不同等级冻害的频率分布表现出轻度>中度>重度的特点。

2.2 苹果花期冻害风险区划

2.2.1 区划指标 根据(4)式计算各地苹果花期冻

害灾损率,根据自然灾害风险分析原理,以冻害灾损率作为风险区划指标,将冻害风险分为 3 个等级(表 3),根据区划指标,利用克里格插值法绘制风险区划图(图 1)。

表 3 平凉花期冻害风险等级划分标准			
Table 3 The standard for frost risk division of apple during the period of bloom in Pingliang			
风险等级 Risk grade	高风险区 High risk region	中风险区 Moderate risk region	低风险区 Low risk region
灾损率 Loss rate	≥0.8	0.5~0.8	<0.5

2.2.2 冻害风险分区评述

(1) 低风险区(I 区)

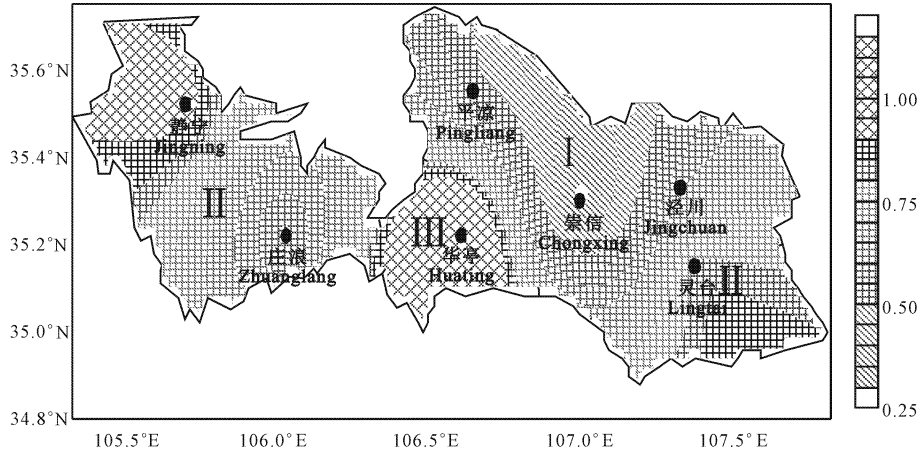


图 1 平凉苹果花期冻害风险区划

Fig.1 Risk distribution of frost for apple during the period of bloom in Pingliang

风险指数 ≤ 0.5 , 包括崆峒区东部, 崇信大部、泾川和灵台西北部的一小部分, 该区主要位于平凉市中东部, 由于地形地理条件等因素, 极少出现重度低温冻害, 中度低温冻害多数地方 4~7 年 1 次, 崇信 11~12 年 1 次, 轻度低温冻害 2~4 年 1 次。该区苹果种植历史较长, 花期冻害风险较小, 但由于各种原因, 苹果种植规模和种植水平相对低于东西部的苹果主产区。

(2) 中风险区(Ⅱ区)

风险指数为 0.5~0.8, 包括静宁东南部、庄浪, 崆峒西部、华亭东部和崇信西部的一小部分、泾川及灵台大部。该区重度低温冻害泾川、灵台及庄浪未出现过, 崆峒区也是几十年一遇, 静宁则是 15~16 年 1 次, 中度低温冻害 3~7 年 1 次, 轻度低温冻害则 2~3 年 1 次, 该区范围较大, 也是全市苹果种植的主要区域。虽然重度冻害很少, 但中度低温冻害和轻度低温冻害也会给苹果生产带来较大危胁, 因此, 采取有效防霜措施是苹果取得较好效益的关键, 在布局时应选择阳坡等地段, 春季采取覆草、烟熏等措施防霜, 以确保该区果园高产稳产。

(3) 高风险区(Ⅲ区)

风险指数为 ≥ 0.8 , 包括静宁西北部、庄浪沿关山一带、华亭大部, 该区范围较小, 是全市冻害风险最高, 冻害程度最高的区域, 重度低温冻害 7~8 年 1 次, 中度低温冻害 2~3 年 1 次, 低温冻害则 1 年 1~2 次, 该区多数地方苹果种植极少, 为本市苹果的非适宜种植区。

3 结论与讨论

1) 根据近几年物候观测资料, 平凉市苹果花期

冻害分析时段中东部果区选择在 4 月 15 日至 5 月 5 日, 西部果区选择在 4 月 25 日至 5 月 15 日。

2) 根据平凉近年来苹果花期冻害实地调查, 将花期冻害分为三种强度等级即重度 ($T \leq -3.5^{\circ}\text{C}$)、中度 ($T \leq -1.5^{\circ}\text{C}$) 和轻度 ($T \leq 0^{\circ}\text{C}$), 不同冻害等级对应不同的减产率。

3) 在平凉 7 个县(区)中, 华亭花期冻害发生最严重, 不同等级的冻害发生 1 年 1~2 次, 崇信花期冻害则最轻, 不同等级冻害 3 年 1 次, 其他县(区) 1~2 年 1 次。全市不同等级冻害的频率分布表现出轻度 > 中度 > 重度的特点。

4) 选择苹果花期冻害灾损率作为区划指标, 将本市苹果花期冻害风险分为 3 个等级, 能够较客观地反映出平凉市苹果花期冻害的风险程度。

5) 风险区划结果表明, 本市仅在关山一带、华亭等少数地方苹果花期冻害存在高风险, 其他多数地方为低风险区或中风险区, 全市大多数地方适合发展苹果种植。

6) 根据风险区划, 建议在全市目前果园布局的基础上, 进一步加大中东部低风险区的苹果种植, 进一步提高该区果园种植和管理的规范化水平, 充分挖掘该区的气候生产潜力。

7) 结合本地调查情况, 苹果开花期受冻的临界温度为 -1.5°C 左右, 与文献记录的临界温度有所出入, 可能与本市地处黄土高原西部边缘, 与中东部相比花期相对较迟有关, 有关机理随今后工作深入, 将做进一步研究。

参考文献:

[1] 刘德祥,董安祥,邓振镛.中国西北地区气候变暖对农业的影响[J].自然资源学报,2005,20(1):119-125.

[2] 张福春.气候变化对中国木本植物物候的可能影响[J].地理学报,1995,50(5):403-408.

[3] 蒲金涌,姚小英,姚小红,等.气候变暖对甘肃黄土高原苹果物候期及生长的影响[J].中国农业气象,2008,29(2):181-183.

[4] 杨小利,江广胜.陇东黄土高原苹果生长对气候变化的响应[J].中国农业气象,2010,31(1):74-77.

[5] 李星敏,柏秦凤,朱琳.气候变化对陕西苹果生长适宜性影响[J].应用气象学报,2011,22(2):241-247.

[6] 李美荣,李星敏,李艳莉,等.基于连阴雨灾害指数的陕西省苹果生长风险分析[J].干旱气象,2011,29(1):106-109.

[7] 李美荣,朱琳,杜继稳.陕西苹果花期霜冻灾害分析[J].果树学报,2008,25(5):666-670.

[8] 李健,刘映宁,李美荣,等.陕西果树花期低温冻害特征及防御对策[J].气象科技,2008,36(3):318-322.

[9] 刘璐,郭兆夏,柴芊,等.陕西省苹果花期冻害风险评估[J].干旱地区农业研究,2009,27(5):251-255.

[10] 许彦平,姚晓红,袁亚萍,等.气象灾害对天水苹果生产影响的评估技术研究[J].自然资源学报,2010,25(1):155-160.

[11] 柴芊,栗珂,刘璐,等.陕西果业基地县苹果花期冻害指数及预报方法[J].中国农业气象,2010,31(4):621-626.

[12] 柏秦凤,王景红,梁轶,等.基于县域单元的降尺度苹果花期冻害风险区划[J].中国农学通报,2013,29(16):153-158.

[13] 中国农业科学院.中国农业气象学[M].北京:农业出版社,1999.

[14] 汪景彦.红富士苹果高产栽培[M].北京:金盾出版社,1993.

[15] 刘捍中.苹果优质高产栽培[M].北京:金盾出版社,1992.

(上接第 162 页)

4 结 论

1) 艾比湖湿地芦苇适生土壤养分特征为:水解氮和速效磷含量丰富;水分含量与水解氮、有机质与速效钾之间呈显著正相关。

2) 艾比湖湿地芦苇适生土壤盐分特征分析为:总盐分布呈现出较强的表聚性,并且平均值不大于 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$;总盐与 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 与 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 和 SO_4^{2-} 以及 SO_4^{2-} 与 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 之间具有较强的相关性。

3) 艾比湖湿地芦苇适生土壤酸碱特征分析为:pH 值的变幅在 8.28 ~ 8.46,均值 8.34,土壤酸碱特征为弱碱性。

参 考 文 献:

[1] 陈敏,陈亚宁,李卫红,等.不同地下水埋深柽柳、芦苇的生理响应[J].干旱区地理,2009,32(1):72-80.

[2] 王立业,王殿武,汪洋,等.氮溶液灌溉对芦苇生长的影响[J].中国农村水利水电,2012,8(4):48-55.

[3] 孙博,解建仓,汪妮,等.芦苇对盐碱地盐分富集及改良效

应的影响[J].水土保持学报,2012,26(3):92-101.

[4] 邓春暖,章光新,潘响亮,等.不同淹水周期对芦苇光合生理的影响机理[J].云南农业大学学报,2012,27(5):640-645.

[5] 吴统贵,李艳红,吴明,等.芦苇光合生理特性动态变化及其影响因子分析[J].西北植物学报,2009,29(4):789-794.

[6] 王立业,王殿武,王铁良,等.不同灌溉模式对芦苇生长的影响研究[J].节水灌溉,2012,12(3):40-42.

[7] 张潇予,苏芳莉,王立业,等.地下水埋深对芦苇出苗及苗期生长发育的影响[J].灌溉排水学报,2009,28(3):116-117.

[8] 夏江宝,刘庆,谢文军,等.废水灌溉对芦苇地土壤水文特征的影响[J].农业工程学报,2009,25(12):63-68.

[9] 付爱红,陈亚宁,李卫红,等.极端干旱区旱生芦苇叶水势变化及其影响因子研究[J].草业学报,2012,21(3):163-170.

[10] 任珺,陶玲,罗青龙,等.污水环境对芦苇生长性状的影响[J].环境科学与技术,2010,33(10):158-161.

[11] 刘倩,谢冰,胡冲,等.陈垃圾反应床+芦苇人工湿地处理垃圾渗滤液[J].环境工程学报,2012,6(4):1108-1112.

[12] 庄瑶,孙一香,王中生,等.芦苇生态型研究进展[J].生态学报,2010,30(8):2173-2181.

[13] 闫明,潘根兴,铍碱文,等.中国芦苇湿地生态系统固碳潜力探讨[J].中国农学通报,2010,26(18):320-323.

[14] 张玉峰,何彤慧,孙晓波,等.中国湿生芦苇群落退化研究现状[J].湿地科学与管理,2012,8(1):47-50.