

DOI:10.11937/bfyy.201613008

绥中苹果霜冻灾害特征及其对气候变暖的适应分析

张 琪, 李 荣 平, 张 晓 月, 焦 敏, 王 莹, 王 婷

(辽宁省气象科学研究所, 辽宁 沈阳 110166)

摘 要:为了评估苹果霜冻灾害特征,确定气候变暖对苹果霜冻灾害的影响机制,现基于绥中 33 年的苹果发育期数据和气温数据,结合物候模型的方法,分析了绥中苹果霜冻灾害发生特征及其对气候变暖的相应和不同品种的霜冻灾害发生的特点。结果表明:1981—2013 年绥中苹果霜冻灾害发生概率为 18.18%,春季气温升高可能导致苹果霜冻灾害加剧,通过调整苹果品种,可以较好的避免霜冻危害的发生。

关键词:苹果;霜冻;物候模型;气候变暖

中图分类号:S 427 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)13-0030-04

苹果生产主要分布于北纬 40°左右一带,我国种植面积世界第一,过去主要集中于辽宁的南部,占全国的 70%,尽管近年来山东、河北、河南和陕西等省苹果生产发展迅猛,但是,辽宁苹果仍然是具有全国意义的优势产品^[1]。由于得天独厚的地理位置和优越的自然条件,苹果是辽宁面积最大、产量最多和产值最高的果树栽培树种。2010 年辽宁省水果种植面积 61.33 万 hm^2 ,其中苹果园面积占 39.67%^[2]。

霜冻灾害是影响苹果产量和品质的主要气象灾害,晚霜冻发生尤其频繁,而苹果花期主要发生于早春,因此,晚霜冻对苹果花期影响严重。近年来,学者们对果树的霜冻风险区划^[3-5]、霜冻天气成因^[6-7]和补救措施^[8-9]等方面进行了大量研究。然而,苹果种植业主和政府决策层亟需的苹果晚霜冻灾害发生的评估和预测方法及工具依然缺乏,有关苹果晚霜冻定量化评估与预测方法研究也鲜见报道。

该研究拟从果树物候模型的角度定量探讨果树霜冻危害特征及其预测评估,主要解决 3 个问题:1)1981—2013 年绥中苹果霜冻灾害变化特征;2)气候变暖对绥中苹果霜冻灾害发生概率的影响;3)不同品种苹果对晚霜霜冻灾害的影响。

第一作者简介:张琪(1986-),男,辽宁沈阳人,硕士,研究实习员,研究方向为农业气象。E-mail:695623361@qq.com.

责任作者:李荣平(1975-),男,博士,副研究员,现主要从事气候变化和植物生长模型模拟等研究工作。E-mail:rongpingli@aliyun.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41330531);辽宁省气象科学研究所创新团队资助项目;三农专项资助项目。

收稿日期:2016-02-19

1 材料与方法

1.1 试验地概况

绥中地处温带亚湿润季风型大陆性气候,年平均气温 9.1℃,1 月平均气温 -8.3℃,7 月平均气温 24.3℃,年平均降水量 645 mm,无霜期 174 d。

1.2 数据来源

所用数据来源于辽宁省气象档案馆,包括 1981—2013 年日平均气温、日最低气温和苹果物候期观测数据。

1.3 试验方法

苹果萌芽期模拟采用时序模型^[10],春化单位(CU)首先从前一年的 9 月开始累积,用于解释低温对休眠解除的影响,春化单位的日累积率计算如下:

$$R_{CU}(t) = \begin{cases} 0 & T(t) \leq -3.4^\circ\text{C} \\ a_1 \times T(t) + a_2 & -3.4^\circ\text{C} < T(t) \leq 3.5^\circ\text{C} \\ a_3 \times T(t) + a_4 & 3.5^\circ\text{C} < T(t) \leq 10.4^\circ\text{C} \\ 0 & T(t) > 10.4^\circ\text{C} \end{cases} \quad (1),$$

式中, $T(t)$:日平均气温($^\circ\text{C}$), $R_{CU}(t)$:春化率($\text{CU} \cdot \text{d}^{-1}$); $a_1=0.16 \text{ CU} \cdot \text{d}^{-1}$, $a_2=0.5 \text{ CU} \cdot \text{d}^{-1}$, $a_3=-0.16 \text{ CU} \cdot \text{d}^{-1}$, $a_4=1.6 \text{ CU} \cdot \text{d}^{-1}$ 。当累积的春化单位达到春化阈值 C_{crit} 时,休眠解除。接着进入个体发育开始到萌芽的阶段。积温单位(HU)被累积,日累积率计算如下:

$$R_{HU}(t) = \begin{cases} 0 & T(t) < 0^\circ\text{C} \\ \frac{a_5}{1 + \exp[a_6 \times T(t) - a_7]} & T(t) > 0^\circ\text{C} \end{cases} \quad (2),$$

$T(t)$:日平均气温($^\circ\text{C}$), $R_{HU}(t)$:积温率($\text{CU} \cdot \text{d}^{-1}$), $a_5=28.4 \text{ HU} \cdot \text{d}^{-1}$, $a_6=-0.185^\circ\text{C}$, $a_7=18.4^\circ\text{C}$ 。当积温累

积到萌芽需要的积温阈值(H_{crit})时,萌芽开始。春化阈值设置 7 个重复,从 5~35 CU,步长为 5 CU,积温阈值设置 8 个重复,从 25~200 HU,步长 25 HU。共同组成 56 个树种基因型。首先通过模拟不同春化阈值和积温阈值下的萌芽开始日期,然后,确定不同萌芽后出现的日最低气温的最小值,计算萌芽后日最低温小于 0℃ 的日数。

2 结果与分析

2.1 苹果霜冻灾害特征

王景红等^[11]把 0℃ 以下持续时间作为陕西苹果发

表 1 绥中 1981—2013 年苹果霜冻灾害特征

年份	萌芽始期 /(月-日)	萌芽后 30 d 内 $T_{min}<0^{\circ}\text{C}$ 的日数/d	萌芽后 30 d 内 T_{min} 的最小值	年	萌芽始期 /(月-日)	萌芽后 30 d 内 $T_{min}<0^{\circ}\text{C}$ 的日数/d	萌芽后 30 d 内 T_{min} 的最小值
1981	04-18	0	4.8	1998	04-22	0	3.8
1982	04-26	0	3.7	1999	04-19	0	1.5
1983	04-19	0	0.4	2000	04-15	2	-4.3
1984	04-23	0	1.1	2001	04-18	0	1.8
1985	04-22	0	2.9	2002	04-10	0	1.0
1986	04-16	0	2.2	2003	04-12	1	-0.8
1987	05-10	0	8.1	2004	04-08	3	-2.5
1988	04-20	0	0.4	2005	04-12	0	0.0
1989	04-06	1	-0.1	2006	04-13	2	-0.8
1990	04-17	0	2.9	2007	04-23	0	3.7
1991	04-15	0	2.3	2008	04-25	0	2.3
1992	04-12	1	-1.6	2009	04-15	0	3.5
1993	04-15	0	3.0	2010	04-25	0	3.7
1994	04-24	0	5.2	2011	04-17	0	2.4
1995	04-27	0	4.1	2012	04-20	0	3.2
1996	05-03	0	5.6	2013	04-26	0	4.2
1997	04-24	0	2.5				

2.2 气候变化对霜冻危害的影响

比较发生霜冻和未发生霜冻年份的春季气温,有霜冻年份 1—4 月的平均气温明显高于无霜冻的年份(图 1),这说明,气候变暖可能导致霜冻灾害的加剧,从表 1 也可以看出,气候变暖萌芽期提前,可能导致萌芽后遭遇零下霜冻灾害发生几率增加。研究发现,3 月气温升高,加速积温的完成,使得萌发开始过早,随后的低温可能导致严重的霜冻危害。

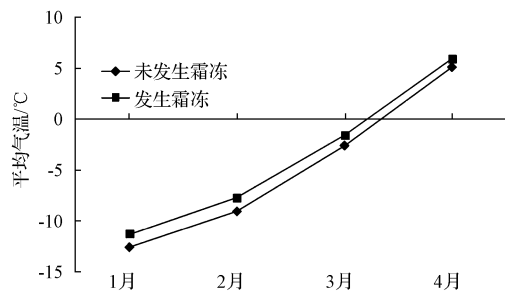


图 1 有无霜冻年份 1—4 月的平均气温比较

2.3 不同品种对霜冻危害的影响

低春化阈值和低积温阈值的苹果树种不适合生长

生的霜冻指标。因此,该研究找出绥中苹果萌芽后日最低气温小于 0℃ 的天数,作为发生苹果霜冻灾害与否的年份。由表 1 可知,绥中 1981—2013 年的 33 年中,苹果发生霜冻的概率为 18.18%,其中苹果霜冻灾害最严重的年份发生在 2000 年,萌芽后日最低气温最小值达 -4.3℃,萌芽后,日最低气温出现 2 次低于 0℃ 日期。其次为 2004 年,萌芽后,日最低气温最小值为 -2.5℃,小于零度以下的为 3 d。萌芽期提前,增加苹果霜冻危害的危险,如发生霜冻灾害 1989、1992、2003、2004、2006 年的萌芽期均发生于 4 月 15 日之前。

在绥中,因为其萌芽过早导致活动的芽暴露在致命的低温环境里(图 3),发生霜冻灾害概率大(图 2)。随着积温阈值的增加,霜冻灾害发生的危险减少,当积温阈值大于 175 HU 时,霜冻灾害基本不发生,春化阈值增加对于防止霜冻灾害发生具有一定作用,但是当增加到一定时,当地的气候并不能满足这种春化阈值。春化阈值与积温阈值存在一个斜三角关系,气候变暖可能导致春化作用减小,而加速了积温作用,已有研究表明,气候变暖可能导致霜冻灾害加剧,树种成活率下降。不同品种苹果树,其花期积温阈值不同,通过调整果树品种,改变花期积温阈值,可以更好的应对气候变暖导致的霜冻灾害增加。如在绥中,如果积温阈值小于 125 HU,无论春化作用如何,会出现霜冻危害发生。而当积温阈值大于 200 HU,无论春化作用如何,都不会出现霜冻灾害(图 3)。

3 讨论与结论

作为辽宁苹果主要种植产区,绥中在 1981—2013 年期间,苹果发生霜冻的概率为 18.18%,其中,霜冻灾害最严重发生在 2000 年。因此,霜冻危害是辽宁苹果的重要的气象灾害。

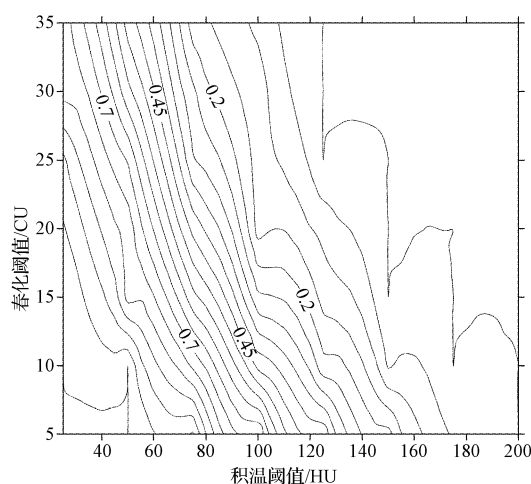


图2 不同春化阈值和积温阈值的霜冻灾害发生的概率

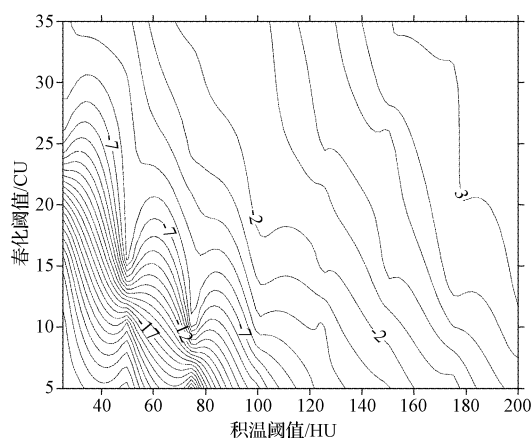


图3 不同春化阈值和积温阈值的物种萌芽后日最低气温最小值的分布

已有的许多研究也表明这种观点,如 PULATOV 等^[12]研究马铃薯认为气候变暖和种植期提前,可能引起收获期提前 1 个月,然而,马铃薯出现越早,伴随的霜冻风险越大。HANNINEN^[13]通过分析一致升温和非一致升温 2 种情况对霜冻灾害的影响发现,升温都导致死亡率的增加。张振英等^[14]研究烟台地区苹果霜冻规律发现,苹果花期霜冻害的发生与暖冬天气关系密切,并提出了暖冬和 4 月上中旬的高温可以作为烟台地区发生晚霜的早期预警预报的参考气象指标。近年来,辽宁的气候变暖已经是不争的事实,春季气温升高是导致苹果霜冻灾害加剧的重要原因,因此,对于苹果产业而言,气候变暖是一个负效应。

植物的抗寒性与气温和光周期密切相关,REPO 等^[15]引入了一个温度与抗寒性的模型,LEINONEN 等^[16]通过加入光周期进一步发展了该模型,使其能够较好地模拟植物抗寒性的变化过程,因此,植物的抗寒能力依赖于植物不同发育期,当植物处于休眠阶段时,其可以抵抗零下几十度的环境,一旦休眠解除,则零下低

温可能导致致命的灾害。因此,要了解苹果的霜冻灾害的发生过程,有必要深入了解苹果的休眠机制,理解苹果不同发育期的特征参数,如春化阈值和积温阈值。不同的品种,春化阈值和积温阈值不同,气候变暖可能导致适宜种植苹果的地区增加,但是,苹果的固定属性可能限制了其生长范围,就霜冻灾害而言,有的可以生长在更为多样的气候环境,如积温阈值大于 200 HU 的品种。因此,品种的选择应该成为应对气候变化的重要手段。苹果的春化阈值和积温阈值越高,霜冻灾害发生可能性越低,苹果品种的选择应该成为应对气候变暖加剧苹果霜冻灾害的重要手段。在特色农作物气象服务中,有效利用物候模型能够较好预测预报苹果霜冻灾害。因此,实现气候变暖对苹果霜冻危害的影响预警在技术上是可行的。

参考文献

- [1] 杨志祥. 辽宁区位优势与苹果业建设发展的措施[J]. 甘肃农业, 2005(2): 44.
- [2] 宣景宏, 吕德国, 李志霞. 辽宁苹果产业发展现状与对策建议[J]. 北方园艺, 2012(6): 181-184.
- [3] 王莹, 李琳琳, 张晓月, 等. 辽宁省苹果花期冻害时空分布规律及其风险区划[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(6): 376-379.
- [4] 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.
- [5] 柴芊, 栗珂, 刘璐. 陕西果业基地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.
- [6] 汪宝龙, 张明军, 魏军林, 等. 西北地区近 50 a 气温和降水极端事件的变化特征[J]. 自然资源学报, 2012(10): 1720-1733.
- [7] 陈少勇, 夏权, 王劲, 等. 西北地区晚霜冻结束日的气候变化特征及其影响因子[J]. 中国农业气象, 2013(1): 8-13.
- [8] 樊林志, 周碧清, 王列珍. 果树晚霜冻害预防及补救措施[J]. 河北果树, 2002(2): 55.
- [9] 张迎杰. 果树花期冻害的预防和补救[J]. 农村实用技术, 2009(3): 37.
- [10] HANNINEN H. Modelling bud dormancy release in trees from cool and temperate regions[J]. Acta Forestalia Fennica, 1990, 213: 1-4, 7.
- [11] 王景红, 高峰, 刘璐, 等. 陕西省富士系苹果晚霜冻指标研究[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(4): 268-272.
- [12] PULATOV B, LINDERSON M L, JÖNSSON A M. Modeling climate change impact on potato crop phenology, and risk of frost damage and heat stress in northern Europe[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2015, 214: 281-292.
- [13] HANNINEN H. Effects of climatic warming on northern trees: Testing the frost damage hypothesis with meteorological data from provenance transfer experiments[J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 1996(11): 17-25.
- [14] 张振英, 孙燕霞, 宋来庆, 等. 烟台地区苹果花期霜冻害发生规律研究[J]. 山东农业科学, 2013, 45(10): 108-110.
- [15] REPO T, MAKELA A, HANNINEN H. Modelling frost resistance of trees[J]. Silva Carelica, 1990(15): 61-74.
- [16] LEINONEN I, REPO T, HANNINEN H, et al. A second-order dynamic model for the frost hardiness of trees[J]. Annals of Botany, 1995, 76: 89-95.

DOI:10.11937/bfyy.201613009

盐碱土对不同樱桃品种生长的影响

桂 毓, 杨静慧, 刘艳军, 史滢滢, 张桂霞, 武春霞

(天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384)

摘 要:为了扩大樱桃的栽培范围和在天津等沿海城市的土壤中栽培樱桃,实现就近供应,以3个樱桃品种‘Beautiful Early Rarieripe’(AM)、“Brooks”(BRO)、“Santina”(SAN)的嫁接苗为试材,在天津蓟县上仓(中性土)和西青杨柳青(盐碱土)试验地种植,测定了不同土壤条件下植株的株高、茎粗、新梢数和新梢长。结果表明:盐碱土壤使AM、BRO品种的株高显著降低了29.1%和31.9%,使BRO品种的茎粗和新梢数分别降低了15.7%、47.1%,使AM品种的新梢长度降低了26.6%。隶属函数综合分析显示,3个樱桃品种的耐盐碱性最强的是SAN,最弱的品种是AM、BRO。

关键词:盐碱土;樱桃;生长;特性;品种

中图分类号:S 662.506⁺.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)13-0033-03

樱桃果实具有较高的营养、医药及观赏价值,被誉为“果中珍品”^[1]。樱桃喜温、喜光,怕旱涝,忌风忌冻,适宜生长在年平均气温10~13℃以上,早春气温变化小,夏季凉爽干燥、雨量适中、光照充足的地区栽培。樱桃的管理方便,相对生产成本较低,经济效益较高。近年

第一作者简介:桂毓(1982-),女,本科,讲师,现主要从事园林植物等研究工作。E-mail:guiyu.love@163.com.

责任作者:杨静慧(1961-),女,博士,教授,现主要从事园艺植物栽培及抗逆生理和分子育种等研究工作。E-mail:jinghuiyang2@aliyun.com.

基金项目:天津市科委重大科技专项资助项目(12ZCDZNC04800);天津市科技成果转化及产业化推进计划资助项目(14ZXNZNC0040);天津市农委资助项目(201502100);天津农业学院院内发展基金资助项目(2014N15)。

收稿日期:2016-02-22

来,随着市场经济的发展及人们消费水平的不断提高,甜樱桃的市场需求越来越大^[2]。2013年我国甜樱桃栽培面积已超过13万hm²,居世界首位。预测我国2025年甜樱桃栽培面积将达20.00万~21.33万hm²,产量达103.98万~121.31万t,但届时我国人均甜樱桃占有量还不足1kg^[3]。因此,樱桃生产仍有较大的发展空间。但由于樱桃果实不易于储存、运输,市场供应期较短^[4-6],适于就近生产、就近供应,即在城市周边地区发展。天津市场对樱桃的需求量较大,所以应在天津郊区及其周边地区发展樱桃产业。樱桃对土壤条件的要求比较严格,不耐涝,喜中性偏酸的土质(pH 6.0~7.5),要求栽培在保水能力强、通气良好的土壤中,而天津的土壤多为盐碱土。目前,在盐碱地上栽培樱桃研究报道较少^[7-8],关于盐土壤对不同樱桃品种的影响报道就更少^[9-10]。因此,通过不同樱桃品种在盐碱土壤上的生长表现,筛选

Analysis of Apple Frost Disaster Characteristics and Adapt to the Climate Warming in Suizhong

ZHANG Qi, LI Rongping, ZHANG Xiaoyue, JIAO Min, WANG Ying, WANG Ting
(Liaoning Institute of Meteorological Science, Shenyang, Liaoning 110166)

Abstract: To assess apple frost disaster characteristics and determine the impact mechanism of climate warming on apple frost disaster, the phenological model method was used to analyze apple frost disaster characteristics and their corresponding to climate warming with apple phenology data and temperature data for 33 years in Suizhong. The results showed that the probability of apple frost disasters from 1981 to 2013 in Suizhong was 18.18%. The spring temperatures raise could lead to occur easily for apple frost disaster. The adjustment of apple varieties could better avoid the happening of frost disaster.

Keywords: apple; frost; phenological model; climate warming