

陕西省富士系苹果花晚霜冻指标研究

王景红¹,高峰¹,刘璐¹,赵军¹,王军¹,杨涛²

(1.陕西省经济作物气象服务台,陕西西安710014;2.陕西省旬邑县气象局,陕西旬邑711302)

摘要:为解决现有的陕西省富士系苹果晚霜冻指标与实际情况有出入的问题,以人工气候箱试验方法为主对指标进行研究。试验发现:陕西省富士系苹果花晚霜冻临界温度为 -2°C ,且温度越低、持续时间越长,苹果花的受冻率就越高;剧烈的升降温变化,更易造成苹果花遭遇冻害影响;苹果花受冻与其开放程度密切相关,开放程度越大,受冻越重,但受冻害程度与其是中心花还是边花关系不明显。基于此,建立了包含受冻等级、极端最低气温、 0°C 以下低温持续时间、受冻率及受冻表现共5要素在内的陕西省富士系苹果花晚霜冻指标,并通过检验发现,该指标对实际灾情的吻合率和基本吻合率大于70%,可投入业务使用。

关键词:富士系苹果;晚霜冻;指标;陕西省
中图分类号: S162.5;S661.1 **文献标志码:** A

Investigation on the last freezing indexes of Fuji apple flowers in Shaanxi province

WANG Jing-hong¹, GAO Feng¹, LIU Lu¹, ZHAO Jun¹, WANG Jun¹, YANG Tao²

(1. Shaanxi Meteorological Service Observatory for Economical Crop, Xi'an, Shaanxi 710014, China;
2. Xunyi County Meteorological Bureau, Xunyi, Shaanxi 711302, China)

Abstract: To provide a solution for addressing the difference between the existing last freezing indexes and the real performance of Fuji apple flowers in Shaanxi province, this research mainly used an artificial climate box to evaluate the indexes. The result showed that the critical frost temperature was -2°C . Meanwhile, the colder the temperature went and the longer it lasted, the more damaging rates the apple flowers encountered. Abrupt fluctuations in temperatures could easily result in sever damages on apple flowers. The level that the flowers became frozen was related with the openings of the flowers. The more the flowers opened, the more severe they suffered. However, no significant correlations were discovered between the damages and the locations of the flowers – central or peripheral. On the basis of these observations, this research established a new last freezing index, which included level of freeze, extreme minimal temperature, duration for temperature below 0°C , freezing rate and freezing performance. In addition, the real agreement and the basic agreement rates of the indexes were greater than 70%, indicating that the indexes could be used in practice.

Keywords: Fuji apple; last frost; indexes; Shaanxi Province

陕西是全国最大的苹果生产基地,富士系苹果为主栽品种,2012年苹果产量占世界苹果总产量1/8,中国总产量的1/3。全省30个苹果生产基地县中超过三分之一县的果业收入占农民人均纯收入的比重超过50%,苹果产业为促进地方经济发展和农民致富奔小康做出了积极贡献。陕西苹果种植区位于渭北黄土高原,这里气候资源优势明显,但气象灾害同样多发。在诸多气象灾害中,尤以霜冻灾害对

苹果产量和品质影响最大。根据2000—2012年陕西省果业发展统计公报显示,基本上每年苹果种植区均有不同程度的晚霜冻发生和危害,晚霜冻已成为影响和制约陕西省苹果提质增效、增产增收的主要气象灾害。

霜冻是指在温暖季节里,土壤表面或植物表面的温度下降到植物组织冰点以下的低温而使体内组织冻结产生的短时间低温冻害,其中晚霜冻是指春

收稿日期:2014-05-01
基金项目:公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206023-04)
作者简介:王景红(1968—),女,陕西安康人,硕士,高级工程师,主要从事果业气象灾害风险研究。E-mail: wangjh0406@163.com。
通信作者:刘璐(1981—),女,河北巨鹿县人,硕士,工程师,主要从事苹果气象服务及风险研究。E-mail: orange16@163.com。

天寒冷季节向温暖季节过度期间发生的霜冻^[1-2]。目前,国内针对苹果及其他经济林果晚霜冻的研究多集中在霜冻天气成因、霜冻风险区划和补救措施等方面。其中汪宝龙、陈少勇等对利用地面最低气温以及初终霜日等资料对西北地区东部、陕西等不同地区初终霜冻日变化及初终霜冻天气环流形势特点及主要天气学模型进行了分析总结^[3-4]。霍治国、刘荣花、屈振江等利用霜冻天气指标对陕西省苹果晚霜冻灾害开展了风险区划、风险指数等方面研究^[5-11],樊林志等对晚霜冻天气发生后,苹果树的表现及补救措施进行了多种对比试验研究^[12-13]。这些相关研究所利用的霜冻指标,多来源于霜冻天气指标或植物生理生态指标,即单因子低温强度,而通过长期气象服务发现,低温持续时间对霜冻影响程度亦非常重要,仅凭低温强度判断霜冻受灾及灾情程度是不科学的。故为客观判断和评估晚霜冻对苹果的危害,必须对苹果晚霜冻气象灾害指标进行试验研究。

陕西果区晚霜冻发生时间主要出现在 4 月,其天气特点具有一定的规律,为了有针对性地开展试验,提高试验效率,本研究拟采用人工气候箱对陕西省大概率晚霜冻天气类型的降温强度、低温持续时间等不同组合进行模拟试验^[14],以确定适用于陕西富士系苹果开花期的晚霜冻指标,以便及时准确地开展苹果霜冻气象服务,并为开展其他相关科研提供指标支撑。

1 材料与方法

1.1 材料及样本处理

选取陕西渭北富士系苹果长富 10 号、乔化且为海棠砧木的品种作为试验材料,具体试验样本要求采自树龄 10~12 a,株行距 3 m×4 m 果园的果树,所采枝组需有 3~4 个枝条,每个枝条至少含有 2 组

花序 10 个花朵。枝组锯下后,直接置入人工气候箱内,并固定于营养液中浸泡,以保持树枝、花朵活性。

1.2 确定模拟天气过程

在对 30 个苹果基地县历史苹果开花期 60 个晚霜冻灾害个例气象资料、灾损程度等分析整理的基础上,结合低温强度和 0℃ 以下持续时间,归纳整理 3 种主要霜冻天气过程类型,即强降温型、中等降温型、弱降温型。在这三种霜冻天气类型中,各确定一个最具代表性的天气过程,每个过程试验重复 6 次,共 18 次。

2 结果与分析

2.1 模拟试验过程及表现

根据确定的模拟温度情况(见表 1),进行人工气候箱模拟试验,发现当苹果花遭遇最低气温 -2℃,且 0℃ 以下低温持续时间为 6 h 的弱降温时,苹果花的受冻率小于 30%;当遭遇最低气温 -3℃,且 0℃ 以下低温持续时间为 7 h 的中等降温时,不足一半的苹果花会产生霜冻灾害;而当遭遇最低气温 -6℃,且 0℃ 以下低温持续时间为 8 h 的强降温时,苹果花将全部冻死。由此可判断 -2℃ 是苹果花受冻的临界温度,且温度越低、持续时间越长对苹果花朵的影响越大,其受冻率就越高。

通过电子显微镜观测不同霜冻天气类型中苹果中心花和边花的受冻表现(见图 1~图 12),发现苹果花受冻程度与其开放程度密切相关,开放程度越大,受冻越严重,而受冻害程度与其是中心花还是边花关系不明显;雌蕊比雄蕊容易受冻,柱头比花药容易受冻,对于雄蕊来说,外围的较分散的花药受冻较多,内圈较集中的花药受冻较少;对比三种霜冻天气类型,强降温型受冻重,其次是中等降温型和弱降温型,可见剧烈的升降温变化,更易造成苹果花遭遇冻害影响。

表 1 陕西省富士系苹果花晚霜冻模拟试验过程及表现

Table 1 Experiment results of the last frost to Fuji apple flowers in Shaanxi province

降温类型 Cooling type	模拟过程 总时长 Experiment length/h	最低气温 Hypothermia /℃	降温范围及 持续时间 Cooling range and the length /(℃, h)	升温范围及 持续时间 Temperature range and the length/(℃, h)	0℃ 以下低温 持续时长 The length of temperature below 0℃/h	受冻率 Cold rate /%
强降温型 Strong cooling type	24	-6.0	6.4~-6.0,15	-6.0~13.5,9	8	100
中等降温型 Moderate cooling type	21	-3.0	9.1~-2.9,14	-2.9℃~10.5,11	7	30~50
弱降温型 Weak cooling type	22	-2.0	20.0~-2.0,15	-2.0℃~13.0,7	6	<30

2.2 模拟试验结果修订

通过人工气候箱试验,已从霜冻天气影响因素

角度初步判断了陕西富士系苹果花受冻的临界温度,以及不同低温幅度及低温持续时间长度对霜冻

的影响程度,然而陕西富士系苹果花晚霜冻指标还应包含果园立地因素和管理水平等其他方面,故需

对试验结果进行订正。



图 1 中心花花丝受冻表现(强降温型)
Fig.1 The flower frost symptoms in center flower filaments (Strong cooling type)



图 2 中心花子房受冻表现(强降温型)
Fig.2 The flower frost symptoms in center flower ovary (Strong cooling type)



图 3 边花花丝受冻表现(强降温型)
Fig.3 The flower frost symptoms in peripheral flower filaments (Strong cooling type)

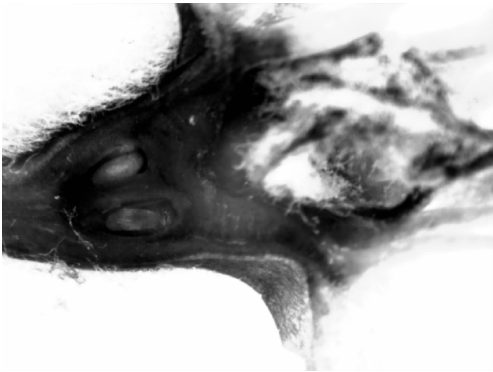


图 4 边花子房受冻表现(强降温型)
Fig.4 The flower frost symptoms in peripheral flower ovary (Strong cooling type)

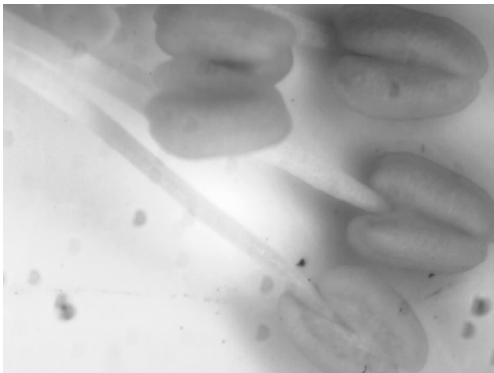


图 5 初开中心花花丝受冻表现(中等降温型)
Fig.5 The flower frost symptoms in early opening center flower filaments (Moderate cooling type)

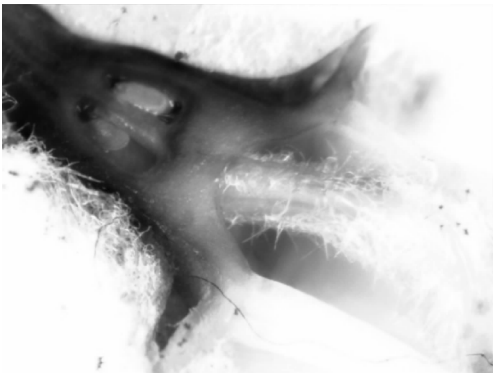


图 6 初开中心花子房受冻表现(中等降温型)
Fig.6 The flower frost symptoms in early opening center flower ovary (Moderate cooling type)

对多年气象服务以及相关研究成果^[15-16]整理发现,已开放的花朵受冻最重,半开放较轻,未开放花蕾受冻最轻;果树下棚的花受冻重,果树中上棚的花受冻轻,并且不同果树花的受冻程度与果树地理

位置及果园管理密切相关;果园管理好、树势强的果树,受冻害程度明显轻于果园管理差、树势弱的果树;不同地理环境的果园,平坦区域的受冻轻,凹地和塬边的受冻重。



图 7 全开边花花丝受冻表现(中等降温型)
Fig.7 The flower frost symptoms in full opening peripheral flower filaments (Moderate cooling type)



图 8 全开边花子房受冻表现(中等降温型)
Fig.8 The flower frost symptoms in full opening peripheral flower ovary (Moderate cooling type)

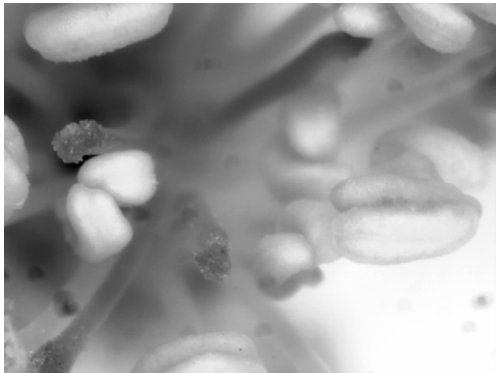


图 9 初开中心花花药受冻表现(弱降温型)
Fig.9 The flower frost symptoms in early opening center flower anther (Weak cooling type)

2.3 陕西富士系苹果花晚霜冻指标的建立与检验

综合以上试验与研究结果,建立陕西富士系苹果花晚霜冻指标(见表 2)。为了检验该指标对实际灾情的吻合率,选取旬邑县为代表,整理 1961—2010 年苹果晚霜冻天气过程 32 个,用该指标与实际灾情进行对比,其中吻合代表霜冻等级与受灾情况一致,基本吻合代表霜冻等级与受灾情况差一级,不吻合代表霜冻等级与受灾情况差两级。分析发现该指标

对各等级的吻合率均显著大于基本吻合率和不吻合率,且霜冻等级越低其吻合和基本吻合的程度越高(见表 3)。可见该指标能够客观反映受冻情况,可以作为气象服务指标投入业务应用。

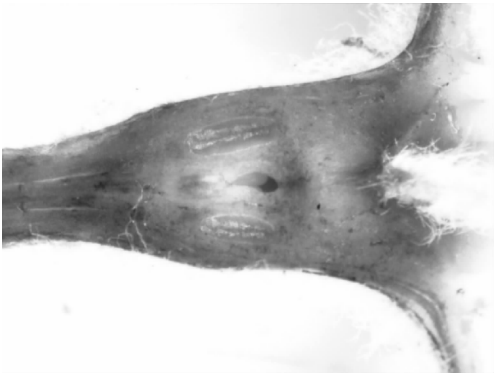


图 10 初开中心花子房受冻表现(弱降温型)
Fig.10 The flower frost symptoms in early opening center flower ovary (Weak cooling type)

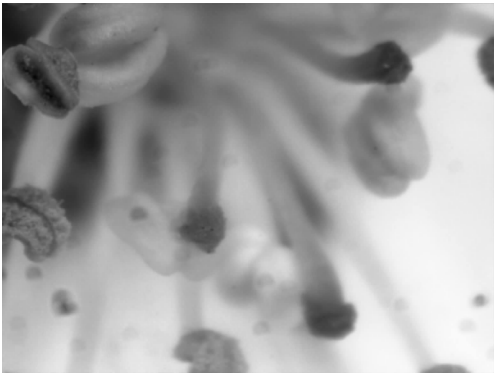


图 11 全开中心花花药受冻表现(弱降温型)
Fig.11 The flower frost symptoms in full opening center flower anther (Weak cooling type)

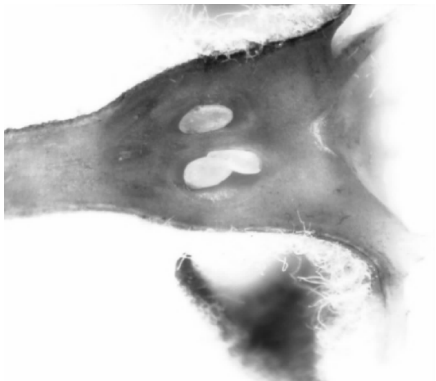


图 12 全开中心花子房受冻表现(弱降温型)
Fig.12 The flower frost symptoms in full opening center flower ovary (Weak cooling type)

表 2 陕西省富士系苹果花晚霜冻指标

Table 2 The last freezing disaster indexes of Fuji apple flowers in Shaanxi province

霜冻等级 Level	极端最低气温 Hypothermia /℃	0℃以下低温持续时间 The length of temperature below 0℃ /h	受冻率 Cold rate /%	受冻表现 Performance
轻度 Mild	- 2	≤6	30	花药、花丝、子房均完好,仅个别受冻,不影响坐果。 Anthers, filaments, ovaries were intact, only individual cold. It did not affect the setting rate.
	- 3	≤5		
中度 Moderate	- 2	≥7	80	花药呈黄褐色,花丝发红且变形,子房受冻发黑,影响坐果及产量。 Anthers was brown, filaments was red and deformed, ovary was black. It affected the setting rate and yield.
	- 3	≥6		
	- 4	≤4		
重度 Severe	- 4	≥5	100	花药、花丝呈黑色,变形严重,子房内部全部变黑,绝产。 Anthers, filaments were black and severely deformed, ovaries all black. It can not produce.
	- 5	≥4		

表 3 指标效果检验/%

Table 3 Index test results

霜冻等级 Level	吻合 Consistent	基本吻合 Basic agreement	不吻合 Not consistent
轻度 Mild	66	23	11
中度 Moderate	59	14	27
重度 Severe	55	30	15

3 讨 论

1) 在开展苹果花霜冻气象服务以及相关科研工作前,必须明确霜冻气象灾害指标。张晓煜曾经辨析霜冻、霜、冻害以寒害概念的差异,提出了对霜冻危害程度起决定作用的是低温和低温持续时间等关键因子的理论^[17],本研究试验结果亦表明,不同低温强度和持续时间,对陕西富士系苹果花霜冻的影响程度是不同的,故相较过去以苹果花单因子低温强度生理指标作为苹果花霜冻指标的做法,本研究的试验方法更具理论依据,其结果也更具科学性。

2) 人工气候箱试验易于在有限时间及样本量中,最大限度地试验不同霜冻天气的灾害影响程度,以获取试验样本数并得到试验结果。陕西富士系苹果花晚霜冻指标试验研究以人工气候箱试验为主,以气象服务经验及相关研究结果为辅,前者为主要研究手段及成果获取方式,后者对前者起修订作用,两者相结合确保了试验的科学性,也体现了指标定义的复杂性。

3) 依据陕西省苹果花期大概率霜冻天气类型

数据进行模拟试验,其结果具有一定的局限性,但亦突出了陕西地域特点,更突显了陕西当地富士系苹果花的霜冻指标及受冻表现,虽然其结论可能存在一定误差,但该研究角度对于制定更具指导性的气象灾害指标,尤其对气象灾害指标的本地化修订试验及相关研究,具有参考价值。

4 结 论

- 1) 陕西省富士系苹果花晚霜冻临界温度为 - 2℃,且温度越低、持续时间越长,苹果花朵的冻率就越高;剧烈的升降温变化,更易造成苹果花遭遇冻害影响;苹果花受冻与其开放程度密切相关,开放程度越大,受冻越重,但受冻害程度与其是中心花还是边花关系不明显。
- 2) 通过试验及相关研究,建立了包含受冻等级、极端最低气温、0℃以下低温持续时间、受冻率及受冻表现 5 要素在内的陕西省富士系苹果花晚霜冻指标。经检验,该指标对实际灾情的吻合率和基本吻合率达 70% 以上,可投入业务应用。
- 3) 本研究在样本个数、类型,以及同霜冻天气类型中,不同低温强度的霜冻结果对比仍需持续开展深入研究,以丰富试验结论,完善指标体系。本研究结论作为苹果晚霜冻指标试验的阶段性研究成果,尤其在研究方法及发现方面具有科学性,对开展其他作物气象灾害指标试验研究具有参考价值。

学特性的响应及其评价[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15): 323-327.

[6] 刘 雨, 郑粉莉, 安韶山, 等. 燕沟流域土壤微生物学性质对植被恢复过程的响应[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 824-832.

[7] 刘满强, 胡 锋, 何园球, 等. 退化红壤不同植被恢复下土壤微生物量季节动态及其指示意义[J]. 土壤学报, 2003, 40(6): 937-944.

[8] 杨凤群, 齐雁冰, 常庆瑞, 等. 农牧交错带植被恢复对土壤物理性质的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(2): 57-62.

[9] 赫晓慧, 常庆瑞, 李 锐, 等. 陕北农牧交错带不同人工植被下的土壤质量研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1): 10-12.

[10] 忠 林, 高国雄, 李会科, 等. 毛乌素沙地农田防护林结构配置研究[J]. 水土保持研究, 1995, 2(2): 99-108.

[11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.

[12] 韩永伟, 韩建国, 王 莹, 等. 农牧交错带退耕还草对土壤微生物量 CN 的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(5): 993-997.

[13] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J]. 土壤, 1997, 29(2): 61-69.

[14] 毕江涛, 贺达汉, 黄泽勇. 退化生态系统土壤微生物种群数量和分布对植被恢复的响应[J]. 地理科学, 2009, 29(2): 238-243.

[15] 赵 彤, 闫 浩, 蒋跃利, 等. 黄土丘陵区植被类型对土壤微生物量碳氮磷的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(18): 5615-5622.

[16] 蒋跃利, 赵 彤, 闫 浩, 等. 黄土丘陵区不同土地利用方式对土壤微生物量碳氮磷的影响[J]. 水土保持通报, 2013, 33(6): 62-68.

[17] 吴金水, 林启美, 黄巧云, 等. 土壤微生物生物量测定方法及其应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006.

[18] 张成娥, 陈小莉, 郑粉莉. 子午岭林区不同环境土壤微生物生物量与肥力关系研究[J]. 生态学报, 1998, 18(2): 218-222.

[19] 张 玲, 叶正钱, 李廷强, 等. 铅锌矿区污染土壤微生物活性研究[J]. 水土保持学, 2006, 20(3): 136-140.

[20] 吴金水, 肖和艾, 陈桂秋, 等. 旱地土壤微生物磷测定方法研究[J]. 土壤学报, 2003, 40: 70-78.

[21] Guo M J, Cao J, Wang Ch Y, et al. Microbial biomass and nutrients in soil at different stages of secondary forest succession in Ziulin, northwest China[J]. Forest Ecology and Management, 2005, 217: 117-125.

[22] Breue L, Huisman J A, Keller T, et al. Impact of a conversion from cropland to grassland on C and N storage and related soil properties: Analysis of a 60-year chronosequence[J]. Geoderma, 2006, 133: 6-18.

[23] 王晓龙, 胡 锋, 李辉信, 等. 红壤小流域不同土地利用方式对土壤微生物量碳氮的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 143-147.

[24] Cleveland C C, Liptzin D. C:N:P stoichiometry in soil: is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass[J]. Biogeochemistry, 2007, 85(3): 235-252.

(上接第 272 页)

参 考 文 献:

[1] 段若溪, 姜会飞. 农业气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2002.

[2] 郝荣庭. 果树栽培学总论[M]. 第三版. 北京: 农业出版社, 1997. 303.

[3] 汪宝龙, 张明军, 魏军林, 等. 西北地区近 50a 气温和降水极端事件的变化特征[J]. 自然资源学报, 2012, 10(27): 1720-1733.

[4] 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, 01(34): 8-13.

[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] 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, 9(27): 251-255.

[7] 霍治国, 李世奎, 王素艳, 等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(6): 692-703.

[8] 刘荣花, 王贺友, 朱自玺, 等. 河南省冬小麦气候干旱风险评估[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 1-4.

[9] 马延庆, 刘新生, 马 文, 等. 气候变化对咸阳苹果生产的影响及对策研究[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 259-265.

[10] Levitt. Responses of plants to Environmental Stress[M]. New York: Academic, 1972, 697.

[11] Levitt. Freezing temperature responses of plants to environmental Strees[M]. New York: Academic Press, 1979, 1: 267-290.

[12] 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.

[13] 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.

[14] 何维勋, 冯玉香, 夏满强. 解冻速率对作物霜冻害的影响[J]. 应用气象学报, 1993, 4(4): 440-445.

[15] 唐 广, 蔡涤华, 郑大玮. 果树蔬菜霜冻与冻害的防御技术[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 30-57.

[16] 杨每宁. 苹果花蕾期冻害对座果率影响及预防[J]. 北方园艺, 1996, (1): 32-33.

[17] 张晓煜, 马玉平, 苏占胜, 等. 宁夏主要作物霜冻试验研究[J]. 干旱区资源与环境, 2001, 15(2): 50-54.