

吉春容,火勋国,谷然,等.新疆香梨花期霜冻灾害风险评估模型构建及适用性[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(6):83-88.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2023.06.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



新疆香梨花期霜冻灾害风险评估 模型构建及适用性

吉春容^{1,2},火勋国²,谷然²,张山清^{2*},李迎春²,张祖莲²

(1.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002;2.新疆兴农网信息中心/新疆农业气象台,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:基于新疆1981—2020年霜冻灾情、气象因子、香梨种植面积资料,计算香梨花期霜冻灾害危险性指数、暴露度和脆弱性指数,构建了霜冻灾害风险评估综合模型,并基于格点预报开展了香梨霜冻风险预警,对评估模型的适用性进行了验证。结果表明:过程最低气温、降温幅度、低温持续时间是霜冻灾害的主要致灾因子。春季霜冻危险性空间分布,总体呈现北部高、南部低的特点。香梨遭受春季霜冻的高风险区,主要分布在北疆西部、天山北坡的西部和中部以及南疆巴州北部、阿克苏市及其南部部分区域。基于气象实况和果园灾害调查结果表明,霜冻灾害风险评估模型和格点预报相结合,能较好地预报香梨霜冻风险分区、影响等级,与香梨霜冻灾害实际发生区域、受冻百分率基本一致,霜冻指标和风险预警模型具有合理性和适用性。

关键词:香梨;霜冻;致灾因子;风险评估;适用性

中图分类号:S426

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2023)06-0083-06

全球气候变化加剧了农业气象灾害的发生,新疆林果种植业长期以来一直受到低温霜冻、高温、大风沙尘、冰雹等多类型气象灾害的影响^[1]。据不完全统计,低温冻害(霜冻)造成林果业受灾面积占比为17.2%,对林果生产的影响越来越大,人们也更加关注气候效应给林果生产带来的灾害风险^[2]。

霜冻是指在作物生长季,植株表面温度降至0℃以下使植株体内水分形成冰晶,造成作物受害的低温冻害^[3];果树遭受霜冻后常常会造成花芽、枝条、叶片和新长出的幼嫩器官褐变、树势变弱,进而影响开花座果,造成减产。研究表明^[4-6],低温强度

和低温持续时间是决定霜冻灾害是否发生、发生强度的关键性因子。关于橄榄树^[7]、龙眼^[8]、香蕉^[9]、苹果^[10]、荔枝^[11]等果树的研究表明,可根据历史灾情、实地观测和气象因子等资料,从最低气温提出果树枝条、叶片受冻等级指标。有学者采用最低温度、负积温、最冷月平均温度^[12],或者采用极端最低气温、最大降温幅度、低温持续日数、有害积寒值等建立冻害综合指标^[13],或者采用气温、降水及其持续时间构建柑橘冻害^[14]、苹果霜冻^[15]、枇杷^[16]幼果冻害等级指标。也有通过人工气候箱模拟试验确定苹果花期的霜冻指标为极端最低气温、0℃以下低温持续时间,以受冻率和受冻表现描述苹果花受冻后的生理形态^[15]。还有学者通过枸杞花期霜冻模拟试验,统计不同温度及其不同持续时间下枸杞花期的受冻率,引入危害积温的概念,建立的指标更符合客观实际^[17]。

果树往往因某次强低温天气过程而遭受严重损失,有不少研究成果已经建立了不同果树^[18-19]低温灾害预报预警模式,利用探空站最低气温,并结合前

收稿日期:2023-08-25;修回日期:2023-10-11

基金项目:新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2023B02004);新疆气象科研项目(ZD2023002)

作者简介:吉春容(1983—),女,正高级工程师,主要从事农林气象灾害研究。E-mail:jcr83@163.com

通信作者:张山清(1969—),女,正高级工程师,主要从事气象灾害与气候应用研究。E-mail:zhangshanqing-66@163.com

期云量、风速、湿度值估算降温幅度,对最低气温进行短时预报,然后结合不同果树抗低温灾害指标进行果树冻害或霜冻灾害预报预警。还有很多学者进行了不同果树^[19]引种冻害风险分析与区划,开展了基于GIS的避冻^[20]区划以及风险区划评估(苹果、香蕉、荔枝、蜜桔、枇杷、脐橙)^[21-23],应用遥感数据进行了果树^[24]冻害监测,并集成到区域农业气象服务系统^[25-27]开展果树冻害监测预警服务。

围绕霜冻天气过程特征、变化规律以及致灾机理、灾害防御^[28]等方面开展研究获得的众多成果,为开展不同果树霜冻灾害监测预警及风险评估提供了科学依据。新疆是全国果品的主要产区,库尔勒香梨更是驰名中外,也是当地林果生产的支柱产业和农民增收的主要渠道^[29]。明确香梨低温灾害受灾指标,开展风险预警并提前防范,是防灾减灾减损的有效途径。本文基于已有研究成果和全国气象灾害风险普查技术规范,选择最低气温、低温持续时间、降温幅度等致灾因子构建了香梨霜冻灾害风险评估模型,基于格点预报产品进行了香梨霜冻灾害风险预警,并开展受灾果园灾害现场观测,结合气象实况对致灾指标和风险评估模型进行了适用性验证,以期制作、发布精准化香梨霜冻灾害风险预警,采取有效防冻措施提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

1981—2020年的新疆霜冻灾情信息,包括农作物受灾面积、农作物类型和受灾区域,来源于《中国气象灾害大典(新疆卷)》^[30]、新疆统计年鉴^[31]、灾情直报系统。1981—2020年气象资料,包括全疆105个国家气象观测站的日平均气温、日最低气温,气象资料和格点预报数据均来自新疆气象信息中心。

1.2 研究方法

1.2.1 霜冻灾害过程指标统计

根据1981—2020年的新疆霜冻灾情资料,参考应急管理部2021年印发的第一次全国自然灾害综合风险普查技术规范FXPC/YJ P-11《自然灾害农作物综合风险评估技术规范》、《全国气象灾害综合风险普查技术规范》,统计分析1981—2020年霜冻灾害发生过程的日最低气温、降温幅度、低温持续时间,作为霜冻灾害致灾因子。

1.2.2 霜冻灾害危险性指数计算

利用加权法构建霜冻灾害致灾危险性指数,计算公式为:

$$H_{\text{frost}}=A \times D_{\text{frost}}+B \times M_{\text{ax}} \Delta T+C \times T_{\text{min}} \quad (1)$$

式中: H_{frost} 为霜冻危险性指数, D_{frost} 为霜冻灾害过程低温持续时间(d), $M_{\text{ax}} \Delta T$ 为霜冻灾害过程降温幅度(°C), T_{min} 为霜冻灾害过程日最低气温(°C),分别对3个致灾因子指数进行归一化; A 、 B 、 C 为权重系数,参考《全国气象灾害综合风险普查技术规范》采用信息熵赋值法确定,分别为0.15、0.21、0.64。

1.2.3 承灾体暴露度指数计算

参照QX/T 527-2019,以区域范围内承灾体种植面积与总面积之比作为承灾体暴露度指标,暴露度指数计算公式为:

$$I_{\text{VS}}=\frac{S_E}{S} \quad (2)$$

式中: I_{VS} 为承灾体暴露度指数, S_E 为区域内承灾体种植面积(hm^2), S 为区域承灾体总种植面积(hm^2)。本文承灾体区域为新疆、库尔勒市。

1.2.4 承灾体脆弱性指数计算

以区域范围内农作物受灾面积与农作物总种植面积之比作为脆弱性指标,脆弱性指数计算公式为:

$$V_i=\frac{S_V}{S} \quad (3)$$

式中: V_i 为承灾体脆弱性指数, S_V 为受灾面积(hm^2), S 为农作物种植总面积(hm^2)。

1.2.5 霜冻灾害风险评估模型构建

综合霜冻灾害危险性指数、承灾体暴露度指数和脆弱性指数,建立风险评估模型,计算公式为:

$$R=H \times E \times V \quad (4)$$

式中: R 为承灾体霜冻灾害风险指数, H 为危险性指数, E 为承灾体暴露度指数, V 为脆弱性指数。

根据应急管理部2021年印发的第一次全国自然灾害综合风险普查技术规范FXPC/YJ P-11《自然灾害农作物综合风险评估技术规范》,暂不考虑承灾体脆弱性差异,即 V_i 取1,式(4)简化为

$$R=H \times E \quad (5)$$

运用ArcGIS对致灾因子危险性、承灾体暴露度指标进行栅格化处理,分辨率为500 m×500 m。采用风险评估模型计算霜冻灾害风险指数,通过自然断点法划分5个风险等级,绘制霜冻风险分布图。

2 结果与分析

2.1 霜冻灾害风险分布特征

2.1.1 致灾因子危险性分布特征

由致灾因子危险性分布(图1)可知,春季霜冻灾害危险性等级的空间分布总体呈现北部高、南部

低,山区高、平原地带低的特点。北疆西部、天山北坡的西部和中部农区,南疆西部山区和昆仑山北坡的山前农区,为霜冻灾害危险性高等级区。北疆北部、天山北坡东部农区,为霜冻灾害危险性较高等级区。东疆大部、沙漠和山区除外的南疆其余大部农区,为霜冻灾害危险性较低等级区。

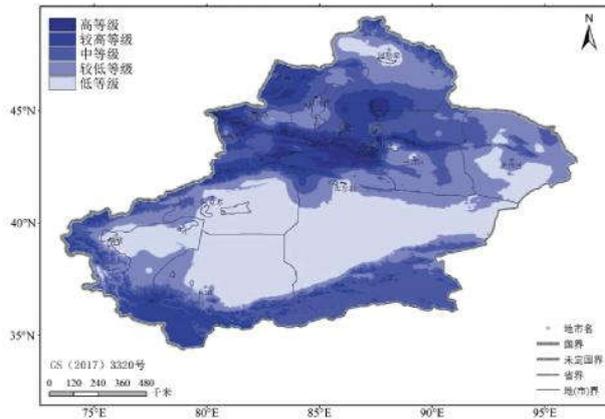


图1 霜冻致灾因子危险性等级分布

2.1.2 香梨暴露度分布特征

承灾体的易损性是指暴露在致险要素影响范围内的承灾体数量或面积,香梨种植的易损性通过暴露度指数来评价,暴露度等级越高,遭受霜冻后的损失越高。从图2可知,香梨暴露度等级分布,库尔勒市及其周围种植区、阿克苏市及其南部部分种植区为高、较高等级区域,易损性大;巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区其余大部,和田、喀什地区北部的香梨种植区为暴露度中等级区域;全疆其他各地为香梨种植低或较低暴露度等级区。

2.1.3 霜冻风险分布特征

综合考虑致灾因子、孕灾环境和承灾体,得到香梨春季霜冻风险等级分布图(图3),高风险区(占

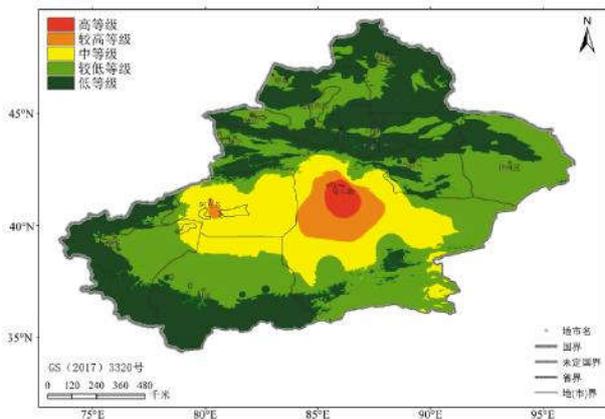


图2 香梨暴露度等级分布

3.2%)和较高风险区(占14.3%),主要分布在北疆西部、天山北坡中部以及南疆巴州北部、阿克苏市及其南部部分区域,遭受霜冻的风险和损失较高;中风险区(占21.2%)主要分布在北疆东北部、南疆巴州的东南部、阿克苏地区大部以及和田地区和喀什地区的北部区域;北疆北部、东疆大部、南疆西部的平原区大部为较低、低等级风险区。

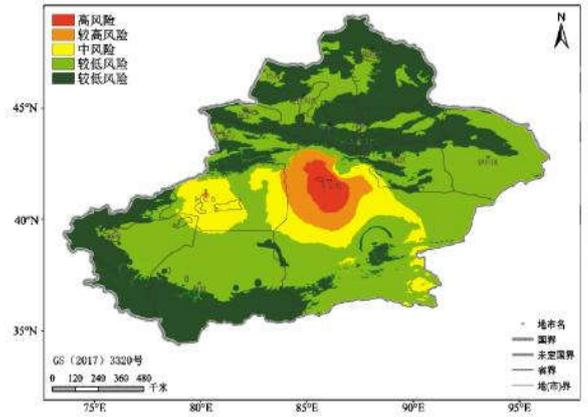


图3 香梨霜冻灾害风险分布

2.2 霜冻灾害风险评估模型服务应用分析

根据构建的霜冻灾害风险评估模型,结合2023年3月30日格点预报服务产品,基于香梨种植气候适宜性区划研究结果^[32],绘制了不同时间(未来1~7d)、不同程度(高、较高、中、较低、低等级)香梨果树霜冻风险影响预估区域。由于区划结论与香梨实际种植区域并未完全重合,因此仅对香梨主产区的霜冻灾害风险等级进行了应用分析。如图4中新疆东部的部分区域根据气候区划指标属于香梨适宜种植区域,但实际生产中该区域并不属于香梨主产区,但在此次天气过程中达到了香梨冻害指标的高风险区。

由图4可知,4月2日伊犁州西部、轮台县南部、若羌县大部梨产区存在较高风险;4月3日霍城县和伊宁市大部、库车县南部、若羌县大部、且末县中部以及轮台县产区存在较高风险;4月4—5日巴州和阿克苏地区大部产区均存在较高风险,其中库尔勒市东部、尉犁县大部、轮台县南部、库车县南部等主产区均处于霜冻灾害较高风险、中风险分区。

3 霜冻灾害风险评估模型适用性分析

采用气象实况和香梨果园现场灾害观测相结合,对香梨霜冻灾害风险评估模型和影响预估区域进行了验证和适用性分析。根据已有研究成果,4月初库尔勒香梨处于展叶期和开花前期,受冻临界温

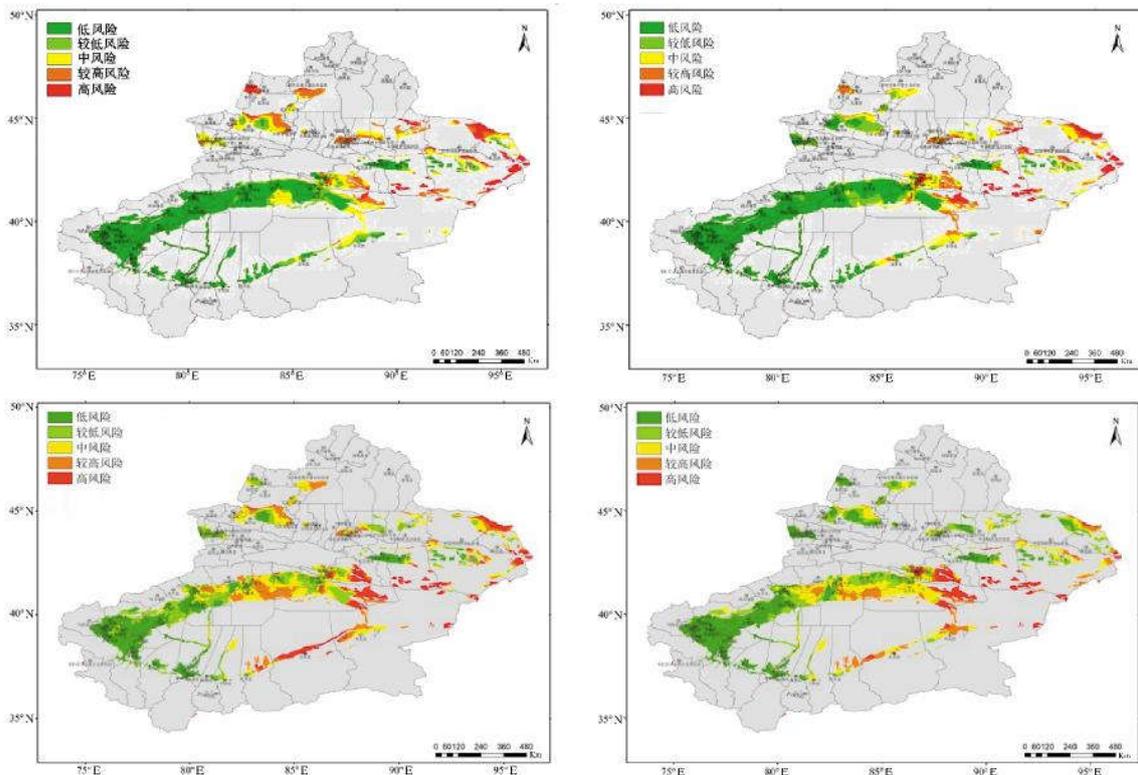


图4 4月2—5日香梨霜冻灾害风险等级预警
(a为2日,b为3日,c为4日,d为5日)

度花蕾期为 $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、开花期为 $-1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。2023年春季,受3月30日—4月3日寒潮天气过程影响,库尔勒市香梨种植区最低气温降至 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,低温时段主要集中在4月4—6日。从图5可以看出,日最低气温从东向西呈逐渐上升趋势,香梨种植区的最低气温为 $-7.4\sim 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。其中经济牧场香梨园气温最低,为 $-7.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,阿瓦提乡、英下乡、上户镇、沙依东园艺场、包头湖农场、托布里其乡、哈拉玉宫乡最低气温为 $-5.6\sim -4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,阿瓦提农场、29团、普惠农场、兰干乡、30团、和什力克乡、哈拉苏原种场为 $-4.0\sim -2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,

库尔勒市区、哈拉苏乡、库尔楚园艺场为 $-1.7\sim -1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。香梨霜冻灾害风险影响的预估区域,为经济牧场、阿瓦提乡、沙依东园艺场、包头湖农场、托布里其乡、阿瓦提农场、库尔楚园艺场等,从气象实况看与4月4、5日巴州和阿克苏地区大部产区均存在较高风险的预估区域(图4)比较一致。

从香梨果园灾害现场观测结果表明,3月30日—4月3日出现雨雪、降温天气,大面积香梨果树受冻,受其影响,部分果树花期推迟,已开花的果树也因霜冻花苞受冻、雌蕊雄蕊变黑,影响幼果形成。根据香梨果园受冻百分率进行霜冻灾害发生等级划分(图6)可以看出,阿瓦提乡、经济牧场、沙依东园艺场、包头湖农场为香梨受冻程度重度等级区,英下乡、托布里其乡、上户镇为为受冻较重等级区,29团、哈拉玉宫乡、阿瓦提农场、普惠农场为受冻中度等级区,30团、兰干乡、库尔楚园艺场、和什力克乡为受冻较轻等级区,库尔勒市区、哈拉苏乡、哈拉苏原种场为受冻轻度等级区。

综合分析调查区域的香梨灾害发生情况,霜冻灾害实际发生区域、灾害程度与香梨树霜冻风险影响预估区域、预估等级一致率分别达到94.7%、89.4%,采用的香梨霜冻灾害风险评估模型具有客观性和合理性。

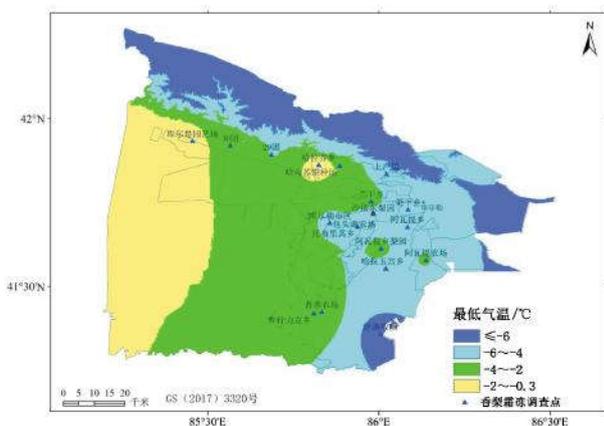


图5 库尔勒市香梨种植区4月4—6日最低气温分布

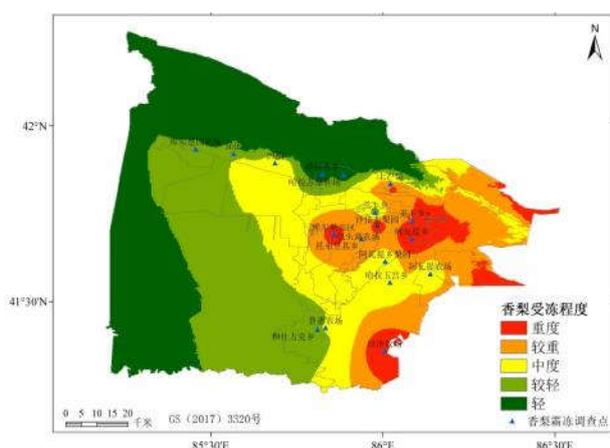


图6 库尔勒市香梨种植区霜冻灾害发生等级分布

4 结论

(1)新疆春季霜冻危险性空间分布,总体呈北部高、南部低的特点,北疆西部、天山北坡西部和中部区域的农区,遭受霜冻天气影响的次数较多,属于霜冻致灾危险性高等级区域。

(2)承灾体香梨暴露度等级较高的区域,主要分布在库尔勒市及其周围种植区、阿克苏市及其南部部分种植区,遭受霜冻后的损失较高。

(3)香梨遭受春季霜冻的风险分布,高、较高等级主要分布在北疆西部、天山北坡的西部和中部以及南疆巴州北部、阿克苏市及其南部部分区域,遭受霜冻的风险和损失较高。

(4)选择过程最低气温、降温幅度、低温持续时间作为致灾因子计算霜冻灾害危险性指数,基于种植面积计算承灾体暴露度指数,综合构建的霜冻灾害风险评估模型,结合格点预报对香梨霜冻灾害风险预估区域和影响等级比较吻合,该风险评估方法具有客观性和合理性。

(5)结合气象实况和果园灾害现场观测可以看出,在霜冻灾害风险不同影响程度如重度、轻度等级分别存在5.2%、2.6%的差异,需要进一步深入研究风险评估的数据和方法,并结合果园种植区域环境条件细化霜冻指标、风险等级。另外,本研究还缺少与实际生产完全一致的香梨种植区域,需要进一步开展评估模型在香梨种植区域的检验和应用完善。同时,本结论仅是基于2023年3月30日—4月6日寒潮降温天气对库尔勒市香梨的影响进行调研而初步得到,对全疆不同区域、不同生长发育阶段出现的寒潮降温天气对香梨的影响,有待继续深入研究。

参考文献:

- [1] 张振文,陈武.新疆玛纳斯河流域葡萄霜冻发生规律研究[J].北方园艺,2011(7):24-26.
- [2] ZHANG Z J,QIAN W H. Identifying regional prolonged low temperature events in China[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2011, 28(2): 338-351.
- [3] MENG Q R, LIANG Y Q, WANG W F, et al. Study on super-cooling point and freezing point in floral organs of apricot[J]. Agriculture Science China, 2007(6): 1330-1335.
- [4] 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(2):50-54.
- [5] GRIFFITH M, LUMB C H, WIASEMAN S B, et al. Antifreeze proteins modify the freezing process in plant[J]. Plant Physiology, 2005, 138: 330-340.
- [6] WANG Y L, LIAO K, LIU J, et al. Changes of contents of osmosis substances and antioxidant enzyme activity in grapevines during cold exercise period before over-wintering[J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(3): 375-378.
- [7] 蔡文华,陈惠,李文,等.2004/2005年冬季连江县低温考察和橄榄树冻害指标初探[J].中国农业气象,2006,27(3):200-203.
- [8] 蔡文华,陈惠,潘卫华,等.福建龙眼树冻害指标初探[J].中国农业气象,2009,30(1):109-112.
- [9] 徐宗焕,林俩法,陈惠,等.香蕉低温害指标初探[J].中国农学通报,2010,26(10):205-209.
- [10] 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.
- [11] 陈惠,杨凯,林晶,等.枇杷幼果冻害低温等级指标的确定[J].中国农业气象,2016,37(1):91-97.
- [12] 张仕明,吴钧,史玉辉,等.库尔勒香梨冬季冻害指数及其变化特征分析[J].中国农业气象,2012,33(3):462-467.
- [13] DAMI IE, ENNAHLI S, ZHANG Y. Assessment of winter injury in grape cultivars and pruning strategies following a freezing stress event[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2012, 63: 106-111.
- [14] 杨爱萍,杜筱玲,王保生,等.江西省多气象要素的柑橘冻害指标[J].应用气象学报,2013,24(2):248-256.
- [15] 王景红,刘璐,高峰,等.陕西富士系苹果花期霜冻灾害气象指标的修订[J].中国农业气象,2015,36(01):50-56.
- [16] 陈惠,王加义,潘卫华,等.南亚热带主要果树冻害(寒)害低温指标的确定[J].中国农业气象,2012,33(1):148-155.
- [17] 朱永宁,张磊,马国飞,等.基于危害积温的枸杞花期霜冻指标试验[J].农业工程学报,2020,36(14):188-193.
- [18] 夏丽花,张立多,林河富,等.福建省冬季果树冻害低温

- 预报预警[J].中国农业气象,2007,28(2):221-225.
- [19] 陈家金,王加义,黄川容,等.福建省引种台湾青枣的寒冻害风险分析与区划[J].中国生态农业学报,2013,21(12):1537-1544.
- [20] 张辉,林新坚,吴一群,等.基于GIS的福建永泰山区枇杷避冻区划[J].中国农业气象,2009,30(4):624-627.
- [21] 陈家金,李丽纯,林晶,等.福建省枇杷气象灾害综合风险评估[J].应用气象学报,2014,25(2):232-241.
- [22] 何雨琴,范立张,杨晓鹏,等.云南省甘蔗冻害风险分布及未来趋势预估[J].气象与环境科学,2023,46(2):58-66.
- [23] 殷剑敏,缪启龙,李迎春,等.南丰蜜桔冻害的气候指标及风险评估[J].中国农业气象,2008,29(4):507-510.
- [24] 谭宗琨,丁美花,杨鑫,等.利用MODIS监测2008年初广西甘蔗的寒害冻害[J].气象,2010,36(4):116-119.
- [25] 屈振江,郭江峰,曾英,等.陕西省县农业气象灾害监测预警业务系统研究[J].灾害学,2008,23(3):44-47.
- [26] 娄伟平,诸晓明,周锁铨,等.绍兴市农业生态和农业气象灾害监测预警系统[J].农业工程学报,2007,23(12):182-186.
- [27] 尹佐臣,隋东.沈阳市气象灾害监测预警系统设计与研究[J].科技创新导报,2008,28:111-112.
- [28] 苏柳芸,邵昕,李林,等.不同防护林模式对库尔勒香梨冻害发生的影响[J].山西果树,2013,3:9-10.
- [29] 于强.2011年库尔勒香梨产业发展报告[R].库尔勒香梨产业发展研讨会,2011.
- [30] 温克刚,史玉光.中国气象灾害大典(新疆卷)[M].北京:气象出版社,2006.
- [31] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [32] 李景林,普宗朝,张山清.气候变化对新疆农业的影响及区划[M].北京:气象出版社,2018.

Construction and Applicability of Frost Disaster Risk Assessment Model in Flower Period of Fragrant Pear in Xinjiang

Ji Chunrong^{1,2}, HUO Xunguo¹, GU Ran¹, ZHANG Shanqing¹, LI Yingchun¹, ZHANG Zulian¹
(1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;
2. Xinjiang Agriculture Network Information Center/Xinjiang Agro-Meteorological Observatory,
Urumqi 830002, China)

Abstract Under the background of frequent global warming and extreme climate events, people pay more attention to the disaster risk of agricultural and forestry production. It is of great significance to construct disaster early warning indicators, and carry out risk early warning and advance prevention for effective disaster prevention, mitigation and loss reduction. Based on the data of frost disaster situation, meteorological factors and planting area of fragrant pear from 1981 to 2020 in Xinjiang, the frost disaster risk index, exposure and vulnerability index were calculated, the frost disaster risk assessment model of flower period was comprehensively constructed, and the fragrant pear frost risk warning was conducted based on the grid forecast, verifying the applicability of the assessment model. The results show that the lowest temperature, process temperature range and low temperature duration are the main factors of frost disaster. The spatial distribution of frost risk in spring is generally high in the north and low in the south. The high risk areas of spring frost are mainly distributed in the western part of northern Xinjiang, the western and central regions of the northern slope of Tianshan Mountains, the northern part of Bazhou, Aksu city and its southern parts, with high risk and loss of frost. Based on the meteorological situation and the orchard disaster survey results, it shows that the combination of the frost risk assessment model and the lattice forecast can better forecast the risk zoning and influence level of fragrant pear frost, which is basically consistent with the actual occurrence area and percentage of the frost disaster of fragrant pear. The frost index and risk warning model are reasonable and applicable.

Key words fragrant pear; frost disaster; disaster-causing factor; risk assessment; applicability