

西藏自治区重点科研项目 项目编号：2002-43



西藏高原霜冻气候特征 及预报方法研究

杜军 著

气象出版社

西藏高原霜冻气候特征 及预报方法研究

Xizang Gaoyuan Shuangdong Qihou Tezheng
ji Yubao Fangfa Yanjiu

拉萨市气象局《西藏农业气候资源综合区划》课题组

杜 军 著

气象出版社

内 容 简 介

本书是根据西藏自治区科技厅 2002 年重点科研项目《西藏农业气候资源综合区划》课题的农业气象灾害区划研究成果编写而成的专著。全书共分 4 章：霜冻的概述；初、终霜日的气候特征；霜冻预报方法；霜冻的防御对策和措施。

本书系统地介绍了霜冻发生的类型、危害的作物、一般规律和农业气象条件；利用 GIS 技术揭示了霜冻的空间分布状况和区划；分析了高原主要农区近 40 年霜冻的基本气候特征、年代际变化、年际变化、趋势变化、气候异常和气候突变；介绍了霜冻发生的环流形势，建立了长期预报方法；根据各地霜冻发生的特点，提出了海拔 3800m 以上高寒农区几项防霜措施。

本书可供从事农业、气象、林业、环境资源开发利用及其发展规划等方面的生产、科研、教学及管理部门的人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

西藏高原霜冻气候特征及预报方法研究/杜军著.

北京：气象出版社，2005.11

ISBN 7-5029-4081-2

I. 西... II. 杜... III. 青藏高原-霜冻-农业气象预报-研究-西藏 IV. S165

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 137327 号

气象出版社出版

(北京海淀区中关村南大街 46 号 邮编：100081)

总编室：010-68407112 发行部：010-62175925

网址：<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑：王元庆 终审：周诗健

封面设计：李 柯 版式设计：刘祥玉 责任校对：张 益

*

北京北中印刷厂印刷

气象出版社发行

*

开本：850×1168 1/32 印张：4.625 插页：4 字数：120 千字

2005 年 12 月第一版 2005 年 12 月第一次印刷

印数：1~1500 定价：25.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等，请与本社
发行部联系调换

前 言

霜冻是一种严重的农业气象灾害，发生的地区很广，危害多种农作物，由此造成的经济损失很大。一片生机盎然的农作物会被几个小时甚至几十分钟的霜冻全部杀死，花满枝头的果树会因一场晚霜而绝产。在我国，不但温带地区霜冻频繁，而且亚热带地区霜冻也经常发生，甚至热带的北部地区也曾遭受它的危害。危害的不仅有热带、亚热带植物，而且有大量的喜温作物，还有进入生殖生长期的喜凉作物。因此，如何减轻霜冻危害是受到普遍关注的问题。

由初、终霜冻日决定的无霜期，是表征一个地方热量资源的重要参数，所以，农业气象学专家在研究作物气象模式、分析农业气候资源、调控农业小气候和防御农业气象灾害中都把霜冻作为一个研究内容。同样，气象和气候学家在制作短、中、长期预报中，品种资源学家在鉴定抗逆性中，育种学家在培植优质、高产、多抗的新品种过程中，植保学家在运筹作物比例、品种搭配和管理方案中，也常常需要考虑霜冻这个因素。因此，霜冻是一个许多学科共同关心的课题，对它的研究也较多。

在霜冻的预报方面，国内部分省市做了大量工作，如黑龙江省望奎县气象局找出了前期最低气温与秋霜冻的关系，并用此方法报准了1991~1993年初霜冻日期，其中1993年准确预报初霜冻偏晚，烤烟收获及时，仅此一项就为县里避免损失约100万元，经济效益显著。新疆石河子农学院采用灰色GM(1,1)—马尔柯夫预测模型，对石河子初霜冻出现时间进行了分析预测，



结果表明：误差小于0.6%的预报准确率可达95%以上，有较高的实用价值。云南、青海、宁夏等省（自治区）在这方面也取得了较显著的经济效益。

西藏主要农区均有部分农作物遭受不同程度的霜冻危害，造成减产，严重时颗粒无收。1983~1999年，霜冻受灾面积为0.35万~7.753万 hm^2 ，占总受灾面积的10%左右。如1977年7月7日西藏昂仁县发生的霜冻，使全县54%的麦类作物受害，其中严重冻害的达40%，数十公顷麦田颗粒无收。1995年4月9~10日林芝地区中西部遭受较重的晚霜冻，受灾面积达0.4万 hm^2 ，受灾作物为冬小麦（品种为绵阳304）、冬青稞和春播油菜。1996年6月9日拉萨出现的终霜冻，致使喜温类作物玉米、蔬菜受冻。1997年8月20~22日沿江一线、东北部、山南地区南部高海拔农区出现早霜冻，造成大面积春青稞受害，严重的颗粒无收。因此，研究西藏霜冻变化规律、建立霜冻指标和预报方法，不仅是指挥“霜冻早防”，抗灾夺丰收的主要保证，而且是拓宽西藏农业气象专业服务的重要途径之一。然而，西藏在霜冻预报方面还缺少系统的研究，老一辈预报员1974年前曾做过一些尝试，对产生盛夏霜冻的环流背景做了较细的分析，并建立了霜冻的预报方程，但未做预报准确率的检验，这些方程有待进一步验证。另外，科技人员在霜冻的生成规律、指标、防御方面也做了大量的分析。

为此，1995年作者向西藏自治区气象局学术委员会申请气象科技项目《高原主要农区霜冻预报方法的研究》，于1996年11月批准，并开始课题的实施工作。通过1996~1997年两年的工作，对霜冻的类型、发生规律、危害作物、发生的农业气象条件及霜冻分区进行了概括；分析了无霜期、初霜日、终霜日的气候变化特征、气候倾向率、振荡周期；确定了霜冻预报指标，利



用统计方法建立了预报方程；根据西藏霜冻的地理分布、出现频率以及作物各生育期抗御霜冻的能力，提出了在海拔 3800m 以上的高寒农区的几项防霜措施。

基于地理信息系统 (GIS) 在农业气候资源区划中的应用，2002 年课题组向西藏自治区科技厅申报了《西藏农业气候资源综合区划》项目，并得以立项。作者在原有的基础上，利用 1961~2000 年西藏主要农区霜冻资料，分析了近 40 年主要农区无霜期、初霜日、终霜日的气候变化特征，增加了气候异常和气候突变的分析，并利用 GIS 技术绘制了西藏霜冻的空间分布图和区划图。这无疑对政府及有关部门做好防霜工作具有较高的参考价值，为减灾决策提供可靠的科学依据。

本书在撰写过程中，既立足于课题的研究成果和方法，又吸收归纳了部分国内有关的研究成果，以反映西藏高原霜冻研究的进展，为西藏防灾减灾提供科学依据，同时也为业务、科研等部门提供参考。

《西藏高原霜冻气候特征及预报方法研究》共分四章。第一章：霜冻的概述。介绍了西藏霜冻的类型、危害的作物、发生的一般规律和农业气象条件。第二章：初、终霜日的气候特征。在地理信息系统支持下，进行了 500m×500m 网格点霜冻的推算和分析，客观地揭示了西藏霜冻的空间分布状况；分析了西藏主要农区近 40 年霜冻的基本气候特征、年代际变化、年际变化、趋势变化、气候异常和气候突变。第三章：霜冻预报方法。介绍了西藏霜冻发生的环流形势，建立了预报指标和 3 种长期预报方法。第四章：霜冻的防御对策和措施。根据西藏各地霜冻发生的特点，提出了海拔 3800m 以上高寒农区几项防霜措施，并整编了西藏霜灾的史料。

本书第一、二、四章由杜军执笔，第三章由杜军、唐叔乙执



笔。周振波整理、编写了部分资料和计算程序。

本书的内容为西藏自治区科技厅 2002 年重点科研项目《西藏农业气候资源综合区划》及 2003 年重点科研项目《西藏气象灾害区划及雅江中游沙尘暴形成机制的研究》的部分研究成果。在编写过程中,得到了西藏自治区科技厅有关领导、拉萨市气象局领导的关心,以及西藏自治区气象台首席预报员普布卓玛和正研级高工假拉、西藏自治区卫星遥感中心边多高工、中国气象科学研究院王石立研究员、庄立伟高工的指导和帮助,在此表示最诚挚的感谢。同时也感谢唐叔乙、周振波同志的参与和帮助。

拉萨市气象局

《西藏农业气候资源综合区划》课题组

2005 年 2 月

目 录

前 言

第一章 霜冻的概述····· (1)

第一节 西藏主要农区霜冻的类型····· (3)

一、根据霜冻发生的季节, 主要分为两种····· (3)

二、依霜冻的成因来分, 可分为四类····· (3)

第二节 西藏霜冻危害的作物····· (6)

第三节 西藏霜冻发生的一般规律····· (8)

第四节 西藏霜冻发生的农业气象条件····· (10)

一、霜冻与作物····· (10)

二、霜冻与温度····· (17)

三、霜冻与土壤湿度····· (17)

参考文献····· (18)

第二章 初、终霜日的气候特征····· (20)

第一节 西藏霜日的空间分布特征····· (20)

一、基于地理信息技术的霜期网格点计算····· (20)

二、白霜····· (23)

三、轻霜冻····· (27)

四、中霜冻····· (31)

五、重霜冻····· (34)

第二节 西藏主要农区霜日的基本气候特征····· (38)

一、白霜的基本气候特征····· (38)

二、霜冻的基本气候特征····· (49)



第三节 西藏主要农区霜日的气候变化特征·····	(58)
一、年代际变化·····	(58)
二、年际变化·····	(69)
三、气候倾向率·····	(81)
四、周期分析·····	(86)
五、异常分析·····	(89)
六、突变分析·····	(95)
参考文献·····	(99)
第三章 霜冻预报方法·····	(101)
第一节 霜冻标准及环流形势·····	(103)
一、霜冻的预报指标·····	(103)
二、霜冻发生的环流形势·····	(104)
第二节 霜冻预报方法·····	(107)
一、逐步周期法·····	(107)
二、概率统计法·····	(112)
三、逐步回归法·····	(121)
参考文献·····	(124)
第四章 霜冻的防御对策和措施·····	(125)
第一节 防霜对策和措施·····	(126)
一、避霜优化决策·····	(126)
二、选用抗霜品种·····	(128)
三、除冰核防霜·····	(129)
四、覆盖防霜·····	(130)
五、小结·····	(131)
第二节 西藏自治区霜冻灾害史料·····	(133)
参考文献·····	(140)

第一章 霜冻的概述

霜冻是指在春秋气温转换季节，土壤表面和植物表面温度下降到（ 0°C 以下）足以使植物遭受伤害甚至死亡的一种农业气象灾害。它与气象学中霜的概念不同，前者与作物受害联系在一起，后者为近地气层温度降到 0°C 以下水汽凝华的一种现象，它主要决定于温度的高低和空气湿度的大小，其本身对作物没有直接影响。当具备霜冻条件时，如果空气中水汽含量很高且达到饱和，水汽直接凝结成冰晶并凝聚在植物表面，形成一层白色的霜，称为白霜；如果空气的水汽含量较少，达不到饱和，则不会在植物表面有白霜出现，但因气温已降至 0°C 以下，致使植物发生冻害，枝叶枯死变黑，故称为黑霜。

我国是一个文明古国，早在 4000~5000 年前就已经种植稻、麦、粟、蔬菜等作物。霜冻是威胁农作物的主要灾害之一，所以古代的劳动人民很早就开始与霜冻作斗争。有关霜冻的文字记载可追溯到 3000 多年前。商代殷都遗址发掘出的甲骨卜辞中，有一些与霜有关的占卜记录。在 2400 年前，孔子著的《春秋》中“冰一次，无冰三次，陨霜杀菽一次，陨霜不杀李实，有年三次”的叙述，对霜冻造成危害和不产生危害的次数做了统计。在秦朝，相国吕不韦的门客共同撰写的《吕氏春秋》这本巨著中，对霜冻开始的季节已经有了相当深入的了解。到秦汉之际已臻完善的 24 节气中，专门有霜降这一节气。冯玉香^[1]等统计我国近 40 年各地的平均初霜日，看出平均初霜日正好在霜降节的有河南、山东大部、陕西关中、苏北、皖北和晋南。可见 2200 年前古代



农学家已经相当深入了解了黄河中下游地区初霜发生的气候学规律。

随着农业生产的发展,对霜冻的认识也逐渐提高。到公元6世纪中叶,北魏贾思勰撰写了一部空前伟大的农书《齐民要术》,系统总结了农业生产的经验,其中就有霜冻预报和防御的记载。此后历代史、书、方、志中有关霜冻的记载不胜枚举^[1]。《中国农业气象灾害概论》一书,对1986年以前的有关论著做了归纳。1987年开始,国家自然科学基金委员会生命科学部对霜冻研究连续给予了三次资助,经过相关学科的8年协作,已取得较大进展,发表了不少很有价值的论文。中国农科院农业气象研究所冯玉香、何维勋等先生在我国霜冻分布规律、冰核诱发霜冻机理、低温—冰核—霜冻模式和防御措施等方面研究结果的概括,内容新颖,其中某些结果是初次发表。

历史上对霜灾的记载虽然很多,但不规范、不系统,难以进行比较。直到1949年以后,我国气象台站的数量迅速增加,观测的规范化和观测资料质量大大提高。每一个气象站从建站开始就有关于霜和霜冻灾害的观测和调查。这对分析研究霜冻的发生规律、时空分布、预报提供了科学依据。

西藏主要农区均有部分农作物遭受不同程度的霜冻危害,造成减产,严重时颗粒无收,早在19世纪40年代后期西藏对霜冻就有记载,1985年王先明对西藏霜冻及其防御霜冻害途径进行了初步探讨^[2]。20世纪90年代,林芝、山南、日喀则、拉萨、昌都地(市)气象部门先后出版地(市)级的农业气候资源区划,对该地区的霜冻指标、类型、气候特征、时空分布、防御对策等方面做了分析^[3~7]。但是,对西藏霜冻基本气候特征、年代际变化、气候突变等方面,还缺少系统的分析。为此我们用1961~2000年气象资料,并参考农业部门的报告,对西藏主要



农区的霜冻进行了分析研究。

第一节 西藏主要农区霜冻的类型

一、根据霜冻发生的季节，主要分为两种

春霜冻 又称晚霜冻，指春播作物出苗、果实花期、越冬作物返青后发生的霜冻，春季最晚的一次霜冻称为终霜冻。随着春季温度的升高，晚霜冻发生的频率逐渐降低，强度也减弱，但是发生得越晚，对作物的危害越大。

秋霜冻 又称早霜冻，指秋收作物尚未成熟、露地蔬菜还未收获时发生的霜冻，秋季最早的一次霜冻称为初霜冻。一般初霜冻越早，危害越重。随着秋季温度的逐渐降低，秋霜冻发生的频率逐渐提高，强度也加大。

二、依霜冻的成因来分，可分为四类

平流型霜冻 指强冷平流引起剧烈降温，使作物受害的霜冻。发生时常伴有强风，故又称为“风霜”。其特点是危害范围广、时间长（一般 3~4d），地区间差异较小。多发生在初春和晚秋。

辐射型霜冻 指在冷高压控制下，夜间晴朗无风，植物表面强烈辐射降温而发生的霜冻，又称为“静霜”或“晴霜”。凡是影响辐射冷却的因子都将影响其强度。其特点是持续时间短（一般几小时，有时也可能连续在几个晚上出现）、危害地区小，地区间差异较大，不同地块、甚至同一植株的不同部位，也会因辐射失热的不同，造成霜冻强度的差异。青藏高原海拔高，多晴朗天气，夜间辐射冷却强烈，故即使是暖季也容易出现辐射霜冻。

平流辐射型霜冻 也称混合霜冻，指平流和辐射冷却共同作



用下发生的霜冻。通常是先有冷空气侵入，温度明显下降，到夜间天空转晴，地面有效辐射很强，植株体温进一步降低而发生霜冻。此种霜冻发生次数最多，影响范围大，危害也最重。高原在6~8月份出现的霜冻，常常由于平流降温后，紧接着强烈辐射冷却而形成混合霜冻。西藏出现的霜冻，多数属于这一类型。如1973年6月30日到7月2日的全区性霜冻，先是冷空气侵入高原。气温下降，云层消散，接着夜晚强烈辐射冷却，造成海拔3800m以上农区出现大面积的霜冻。

蒸发霜冻 指由于空气变干或植被、土壤表面水分蒸发迅速，植物体耗热较多，株体冷却，而使作物受害的一种霜冻。这类霜冻相对较少，且多发生于干旱地区降雨之后。其强度主要取决于空气温度、大气湿润状况等。

分析西藏各地的霜冻资料，发现前三种类型都有发生，惟独没有蒸发型。其中平流辐射型多，平流型少，辐射型罕见。单纯辐射型霜冻只在青藏高原地区有过报道。霜前，由于西南暖湿气流控制，以阴雨天气为主，夜间最低气温比常年偏高。之后，太平洋副热带高压加强西伸以至形成一个小高压，在它的控制下天空转晴，夜间强烈辐射散热而引起温度大幅度下降，使尚未成熟的作物遭受霜冻危害。

单纯的平流型霜冻也不多见，它多出现在平均初霜日以后，个别也有发生在平均初霜日附近的，就多年平均而言是处于温度比较低的时期。它发生的天气特点是前期温度偏高，之后，突然有一股很强的冷空气侵入，阴云密布，北风强劲，温度迅速下降而造成霜冻。

大范围的霜冻绝大多数是混合型。对农业生产影响最大的是比平均初霜日提早的初霜冻和比平均终霜日推迟很多的终霜冻。这两种霜冻都是平流辐射型的。因为这些时期常常平均温度比较



高，影响当地的冷空气较弱，单纯的冷平流或单纯的辐射散热往往难以把叶温降到 0°C 以下，只有二者结合才可能发生霜冻。平均初、终霜日前后的霜冻绝大多数也是平流辐射型的。比平均初霜日推迟很多的早霜冻和比平均终霜日提早很多的晚霜冻，对农业生产的影响比较小，它们多数也是平流辐射型。

表 1.1 各种类型霜冻的综合比较^[8]

霜冻类型	出现季节 与时间	持续时间	农田小 气候特点	危害范围	对农作物 危害程度
平流型霜冻	早春晚秋日 夜均可出现	可连续几天	不显著	广大地区	稍重
辐射型霜冻	早春晚秋的 夜晚至清晨	每次 4 ~ 6h, 可连续几 个夜晚	显著	局部地区	轻
混合型霜冻	早春晚秋的 夜晚	每次几小 时, 可连续 1~2个夜晚	较显著	广大地区	严重
蒸发霜冻	早春晚秋的 夜晚	不定	较显著	局部地区	较轻, 不常见

由于西藏常年多冷空气活动，加之高原本身就地高天寒，辐射降温强，昼夜温差大，且多晴空少云天气，因而我区出现的霜冻以平流辐射混合型为主。根据历年出现的霜冻分析，冷空气侵入高原是造成降温的外来因素。夏秋季节，北方冷空气势力较弱，侵入高原的次数也不多，单一由冷空气降温，还不致于引起霜冻的发生。只有夜间天空晴朗无云，出现强烈的辐射降温，才可能出现霜冻。这两种过程，在高原上引起霜冻的时候，几乎都



是同时出现,北方冷空气势力越强,晴朗无云的天气也就越多,强降温也越急,持续时间越长,霜冻危害也就越重。

例如 1963 年 6 月 29 日伊朗高压进入西藏地区西部,影响阿里地区,天气转晴。30 日伊朗高压加强,东移控制西藏全境,风向偏西北,出现晴空少云天气。藏北和藏东冷平流较强,24h 降温 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$,大部分地区最低气温达 0°C 左右,出现大面积霜冻。7 月 1 日控制西藏境内的伊朗高压继续加强,霜冻继续加重。2 日控制西藏境内的伊朗高压分裂, 90°E 以东为残留小高压,天气仍晴朗,有霜冻。以西地区风向偏西,天气转为多云,霜冻自西向东先后结束。又如 1997 年 8 月 20~23 日,因伊朗高压东伸及高压控制下的强烈晴空辐射,加之冷空气入侵,导致拉萨市持续 5d 的晴冷降温天气过程,其中 21 日降温尤为明显,全市高寒农区遭受不同程度的霜冻,冻害最重的是海拔 3900m 以上的半封闭山沟或谷地,此时青稞还处在灌浆—乳熟期,遇霜冻致使灌浆受阻,减产严重,全市粮食作物减产 5 万 t 以上。

第二节 西藏霜冻危害的作物

在西藏分布广,栽培面积大的青稞、小麦、油菜、豌豆等四大作物不受气象观测上无霜期的限制。如索县、丁青、浪卡子等高寒半农半牧区平均无霜期在 30~64d 之内,而青稞在这些地区的生育期一般均在 100d 以上,各地春播更不可能在晚霜结束后播种。因此,具体了解各种作物的霜冻指标对于有效地防御霜冻有着重要意义和经济价值。

为了查清霜冻危害的主要农作物,以及受灾地区和作物所处生育阶段,对近 40 年各地资料进行分析,从中可以得出以下几点:



(1) 青稞、玉米、油菜、豌豆、马铃薯等春播作物，经常遭受霜冻危害，多数发生在苗期和成熟期，受害地区主要在海拔3800m以上的高寒农区。这些作物中青稞的适应范围广，从海拔2500m以下的河谷坡地到4500m左右的高寒地带，从湿润、半湿润地区到干旱地区均有种植。青稞种子在早春播种甚至临冬播种的情况下，只要发芽生长，苗期受低温影响不大，1961年中国科学院西藏综合考察队程天庆等在帕里观察到青稞苗期能忍受 -10°C 的低温。但青稞抽穗成熟期，遇 0°C 以下的低温，将导致产量下降，严重的颗粒无收^[9]。如1997年8月20~22日沿江一线、东北部、山南地区南部高海拔农区最低气温降至 -2°C 以下，此时春青稞处于灌浆初期—乳熟期，遇重霜冻造成大面积春青稞受冻，减产严重。

油菜主要分布在海拔3500~4000m的河谷地带，4000m以上和3500m以下也有一定的种植面积。主要为抗寒性强的小油菜，花期能耐 -2°C 、成熟期能耐 -3°C 的低温，因而霜冻对油菜的影响较小。

玉米种植面积不大，主要在喜马拉雅山南侧和藏东南地区有连片种植，其他地区仅有零星种植。品种多为硬粒型。西藏春季温度起伏大，玉米苗期易受霜冻危害，如1996年6月9日拉萨出现的终霜冻，日最低气温降至 2°C ，造成达孜县军区农场玉米受冻。乳熟后期日最低气温低于 0°C ，玉米也会受不同程度的危害。

豌豆与小麦、青稞、油菜构成西藏四大作物，豌豆种植面积占总播种面积的10%左右，其早熟品种种植海拔高度上限可达4400~4500m。幼苗抗寒力较强，能忍耐短时间 $-3\sim-6^{\circ}\text{C}$ 的低温，因而苗期霜冻的危害不大。但结荚成熟期，如遇 -2°C 低温植株就会受冻。



马铃薯也是主要粮食作物，欧美对马铃薯的霜冻相当重视。西藏马铃薯种植地区较广，但多为零星种植。由于昼夜温差大，马铃薯个体大，产量高。苗期最低温度在 0°C 以下就会受冻，但待气温回升后，加强水肥管理，仍能长出新芽、叶。后期遇轻霜冻，地上部分不至于全部冻死，即使植株冻死，只要及时收获，对地下块茎亦无大影响。

(2) 冬小麦，西藏海拔 3000~4100m 之间的林芝、拉萨、山南、日喀则地区是冬小麦的集中产地。苗期耐结冰，遇霜概率很高，但不发生危害，拔节后耐低温能力降低，春霜常常造成伤害。如 1995 年 4 月 9~10 日林芝地区中西部遭受较重的晚霜冻，受灾面积达 0.4 万 hm^2 ，受灾作物多为绵阳 304 品种的冬小麦。

(3) 苹果是西藏最重要的落叶果树。霜冻主要发生在开花期，其次是果实采摘期。开花期抗低温能力很弱，遇霜冻常造成花和幼果大量脱落，受害地区主要有林芝地区中西部、山南地区中部、三江流域中部、拉萨河谷。如 1984 年早春拉萨气温较高，大部分苹果品种的开花期比 1983 年提早 15d 左右，即在 4 月下旬均已进入盛花期，5 月 3 日和 5 日，分别出现了两次 $-4\sim-5^{\circ}\text{C}$ 的重霜冻，致使 90% 以上的花朵受害，早熟品种危害最重，晚熟品种较轻，花蕾受冻远比已开放的花朵轻，树冠上部比下部轻，靠近防护林的比远离防护林的轻。这次霜冻造成较为严重的减产。

第三节 西藏霜冻发生的一般规律

霜冻的发生和严重程度，还受地形、地势和土壤等条件的影响（表 1.2）。洼地、山谷和山坡下部霜冻严重，这是由于地势低洼、地形闭塞，冷空气容易下沉积聚。山坡的中部霜冻最轻，