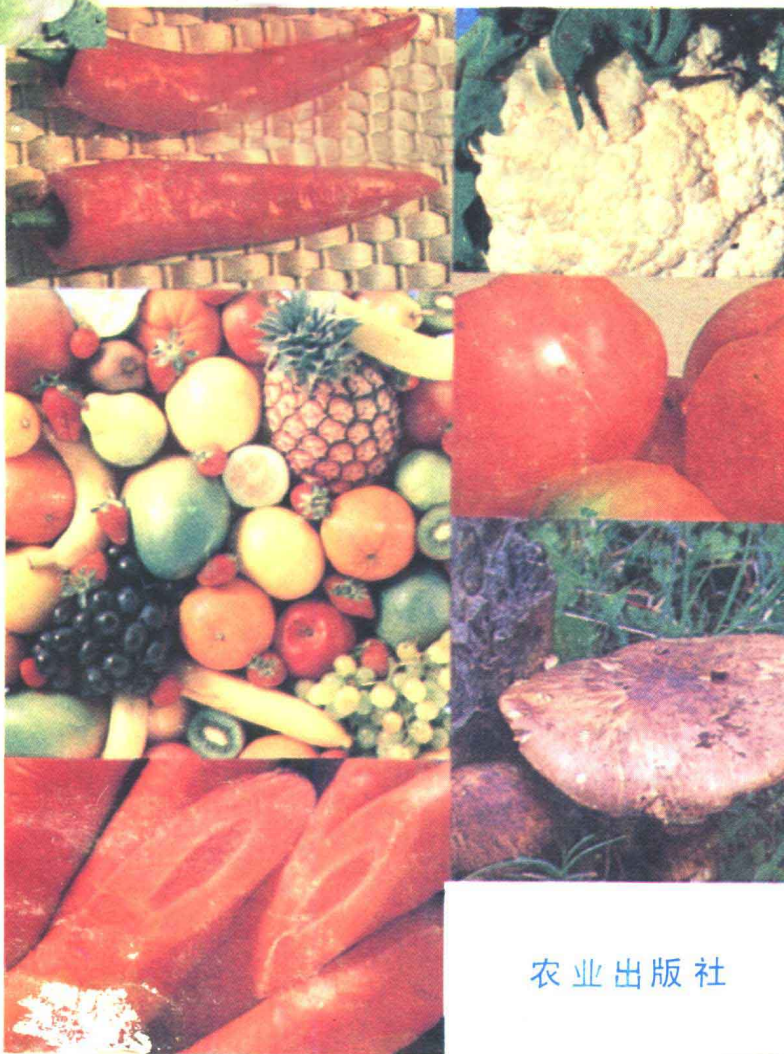


果树蔬菜霜冻 与冻害的防御技术

唐 广 蔡涤华 郑大玮 编著

农业科技推广丛书



农业出版社

农业科学技术推广丛书

果树蔬菜霜冻与 冻害的防御技术

唐 广 蔡涤华 许大玮 编著

(京)新登字060号

农业科学技术推广丛书

**果树蔬菜霜冻与
冻害的防御技术**

唐 广 蔡涤华 郑大玮 编著

* * *

责任编辑 刘 存

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787 × 1092mm 32开本 7.5印张 163千字

1993年7月第1版 1993年7月北京第1次印刷

印数 1—1,690册 定价 3.90元

ISBN 7-109-02635-3/S·1696

出版说明

全国农村贯彻落实“科技兴农”的伟大战略决策，形成了农业生产蓬勃向上、迅速发展的新局面，给广大农民带来了新的希望，因而他们迫切需要用新的农业科学技术来武装自己。

为了更好地配合“科技兴农”，也为了满足广大农民的需要，将农业科学研究的新成果、新技术、新经验，及时送到农民手中，应用于农业生产，创造更高的经济效益，农业出版社组织全国农业战线上的专家和科技人员编写了一套《农业科学技术推广丛书》，内容涉及农作物、果树、蔬菜、植物保护、土壤肥料、畜牧兽医、水产养殖、农业气象、农业工程及农产品贮藏加工等各个方面。第一批共有30多种，有的介绍综合技术，有的介绍单项技术；技术先进，措施具体、实用，图文并茂，文字通俗。具有初、高中文化程度或具有一定农业生产经验的农民，都能看得懂、学得到、用得上。这套书主要是为广大农民和各类专业农户编写的，也可供农村基层农业技术推广人员阅读参考。

我们希望这套书的出版，能受到广大农村读者的欢迎，更希望他们能够真正从中得到有益的启示，走上一条致富的道路。衷心祝愿他们获得成功。

1992年元月

前 言

随着改革开放的深入发展，人民生活水平不断提高，在解决温饱的基础上，城乡居民对蔬菜和水果的需求不断增长，果树和蔬菜生产成为我国农业越来越重要的组成部分，也是许多地区农民脱贫致富的重要途径之一。但是气象灾害却经常威胁着果树与蔬菜生产，其中霜冻和冻害的危害是非常突出的，1956—1957、1968—1969、1976—1977、1979—1980、1991—1992年等建国以来的典型冷冬年都曾经给南方或北方的果树和蔬菜生产带来重大的损失。

为了减轻霜冻和冻害的不利影响，争取果树和蔬菜的稳定丰产，我们编写了这本小册子，系统介绍了有关果树、蔬菜霜冻和冻害的基本知识和防御技术。

本书由郑大玮和唐广、蔡涤华共同讨论拟定章节划分及结构安排，由唐广和蔡涤华承担了大部分写作工作，郑大玮对全书进行了审阅修改。本书的第一到第四部分是全书的基础知识部分，由蔡涤华执笔。第五部分的内容实质上是霜冻与冻害防御措施的总论，由郑大玮和唐广执笔。第六、七两部分分别是果树与蔬菜防御霜冻和冻害技术的各论，由唐广执笔。

本书主要参考了《中国农业气象灾害概论》、《中国果树栽培学》、《中国蔬菜栽培学》及其它一些专业书的有关内容，并查阅了近期的国内外有关文献，在霜冻与冻害的防御

对策及其技术方面结合我们近年来科研工作的体会进行了发挥。本书力求尽可能充分地反映近年来国内果树、蔬菜生产上霜冻与冻害防御的经验与技术，系统地介绍这方面的知识，但由于作者的水平限制和掌握的资料有限，本书内容还会有许多不足之处，希望读者予以批评指正。

编 者

1991年12月

目 录

一、绪论.....	1
(一) 果树、蔬菜霜冻和冻害的发生概况.....	1
(二) 国内外研究概况.....	11
二、霜冻与冻害的类型及指标.....	18
(一) 植物与温度.....	18
(二) 植物的低温灾害及分类.....	25
(三) 霜冻与冻害的农业气象指标.....	31
三、果树、蔬菜霜冻与冻害的危害机理.....	37
(一) 果树、蔬菜受冻后的形态特征.....	37
(二) 果树、蔬菜冻害发生的原因和机理.....	40
(三) 果树、蔬菜霜冻发生的原因和机理.....	50
四、果树、蔬菜霜冻与冻害的预报.....	58
(一) 霜冻发生的天气气候特征.....	58
(二) 霜冻形成与生态地理环境.....	61
(三) 天气预报的基础知识.....	65
(四) 霜冻预报方法简介.....	68
(五) 越冬冻害的预报方法简介.....	76
五、果树、蔬菜霜冻与冻害防御的技术基础.....	83
(一) 果树、蔬菜霜冻与冻害的防御对策及措施分类.....	83
(二) 充分利用气候资源, 趋利避害合理布局.....	87
(三) 改良果园和菜田的生态环境.....	94
(四) 提高果树和蔬菜抗寒性的技术措施.....	96
(五) 霜冻和冻害发生前的小气候调控技术.....	104

(六) 生理干旱的综合防御.....	114
(七) 霜冻和冻害发生后的补救措施.....	117
六、主要果树种类的霜冻与冻害防御技术.....	120
(一) 北方鲜果类.....	120
(二) 北方干果类.....	155
(三) 南方鲜果类.....	159
七、主要蔬菜品种的霜冻与冻害防御技术.....	184
(一) 喜温蔬菜.....	184
(二) 半耐寒蔬菜.....	206
(三) 耐寒蔬菜.....	222
(四) 西瓜.....	225
(五) 保护地蔬菜.....	228

一、绪 论

(一) 果树、蔬菜霜冻和冻害的发生概况

(1) 我国的气候资源及对果树、蔬菜生产的有利和不利影响 我国幅员辽阔，面积约九百六十万平方公里。从南沙群岛的曾母暗沙到黑龙江的漠河，南北跨越约50个纬度，直线距离约5500公里，具有热带、亚热带、温带和西部高原气候等丰富多样的气候资源。同时我国位于世界最大的大陆——欧亚大陆的东南部，东面濒临世界最大的海洋——太平洋，使我国具有明显的季风气候特点。

我国有着丰富的农业气候资源，为发展农业生产提供了良好的条件。农业气候资源是指一个地区气候对农业生产所提供的自然条件和物质能源，及其对农业生产发展的潜在能力。农业气候资源是农业自然资源的重要内容，主要包括太阳辐射、日照时数、热量、水分和空气等。我国农业气候的特点是：

1) 和世界上同纬度地区相比 热量较为丰富 广东省的雷州半岛、南海诸岛、海南省、云南、台湾两省南部和广西南部沿海地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温在8000度·日以上，南海诸岛达9000—10000度·日，作物四季均可生长，水稻一年三熟，还适宜种植椰子、芒果、腰果等热带作物。蔬菜一年可种植8—10茬。秦岭、淮河以南，长江、珠江流域与云贵高原的大部分地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在4500—8000度·日之间。大部分地

区可栽种双季稻，有的地区在晚稻收获后还可种冬小麦或油菜。该区内还可种植柑桔、香蕉等亚热带常绿果树。蔬菜一年可种3—7茬。长城以南，秦岭、淮河以北和新疆塔里木盆地等地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在3500—4500度·日，大部分地区粮食作物可以实行一年两熟制或两年三熟制。可种植苹果、桃、梨等温带落叶果树。蔬菜一年可种2—3茬。新疆北部和长城以北地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温达2000—3500度·日。即使在黑龙江省北部 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温也有1500度·日。粮食作物均为一年一熟，可种植苹果、秋子梨、葡萄、杏等耐寒落叶果树和一茬蔬菜。

2) 大部地区雨量较充沛 在作物的生长季节里，只有具备适宜的温度和充足的雨量，“风调雨顺”才能获得较高的产量。由于我国处在季风气候区域内，夏半年多受来自太平洋的东南季风和印度洋的西南季风影响。这些来自海洋的暖湿气流，不但给我国送来了巨大的热量，而且带来了丰富的雨水。我国除西北地区的雨量在50—100毫米，农业生产需有灌溉条件外，其余地区雨量都不算稀少。秦岭、淮河以北地区雨量有750毫米左右，以南地区可达750—2000毫米，而且主要集中在7、8月份。我国农业气候资源的最大优越性是夏季温暖而湿润，雨热同季。

3) 光照充足 与同纬度的其他国家相比较，我国大部分地区太阳辐射较强，光照资源丰富。据统计，我国各地的太阳总辐射量在35.5—79.5万焦耳/平方厘米·年之间。除四川盆地、贵州、湖北和湖南西部、河南西部和广西北部，太阳总辐射量较少，为35.5—40.1万焦耳/平方厘米·年之外，其余地区均较多。

我国的光、热、水资源较为丰富，为发展果树和蔬菜生

产提供的有利条件是：①气候的多样性利于合理布局、多种经营和调剂余缺。我国跨越寒温带、温带、暖温带、亚热带、热带和赤道带。丰富多样的气候资源适于各种植物繁衍。我国是世界果树重要的原产中心之一。果树栽培自古称盛。据初步统计，我国栽培与野生的果树多达500余种，品种或品系更多至不可胜数。主要果树中如桃、梅、中国梨、柿、枣、枇杷、龙眼、荔枝以及许多种柑桔均出自我国，并传至海外，为世界人民造福。同样，我国蔬菜种类之多也为现今世界各国所罕见。目前，我国栽培的蔬菜种类据粗略统计就有229种，属于29个科。其中胡萝卜、菠菜、小茴香、茺荑、芹菜、莴苣等都是从国外传至我国。有利的气候条件，使它们在我国栽培成功。充分合理地利用我国气候资源是实现蔬菜周年均衡供应的保证。②雨热同季较好地满足了作物的需要。任何植物正常发育生长都需要有一个适宜的温度和水分环境。我国气候上的雨热同季，较好地吻合了大多数植物需求的规律。尤其对发展蔬菜生产是一个极好的条件。我国大部分地区露地生长季节超过9个月，适合多种蔬菜栽培和多茬种植。如喜温类蔬菜的生产需在无霜期内进行并满足 10°C 以积温在 $2200^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上的条件，我国除黑龙江最北部和青藏高原外，都可进行露地生产。其栽培北界比欧美高出5个纬度。

我国气候也有其不利的一面。对果树、蔬菜生产来讲，主要表现为：①冬冷夏热，温度年变化和日变化大，使北方多低温灾害，南方多高温灾害。由于我国位于欧亚大陆东部，冬季大陆冷却快于海洋，从而使亚洲大陆成为冬半年北半球的寒极。我国经常处于大陆冷高压的控制之下，其温度要比北半球同纬度同海拔地区低得多。因此我国多年生喜温

作物的栽培界限比世界其他地区更偏南些。例如柑桔在欧洲可以在北纬 40° 的法国南部及地中海沿岸各国种植。而我国除四川盆地及少数山区利用有利局部地形和水体保护,柑桔种植到北纬 32° — 33° 外,中南和东南丘陵地区大多以北纬 26° — 28° 为安全北界。夏季大陆升温快,我国大部分地区的温度高于世界同纬度地区。总之,冬季的低温易造成果树与蔬菜的冻害,夏季的高温又是一些不耐热蔬菜生长的限制因素,并易造成果树的“日灼”病。②降水年际和季节变化大,旱涝灾害频繁。我国雨水的多少与季风活动密切相关,降雨季节集中。季风活动的早迟和强弱直接影响着各地区的雨量多寡和旱涝趋势。旱、涝频繁是发展果树与蔬菜生产的不利因素。

总之,我国地域广大,不同地区的气候特点不同,各有优势与劣势。只有统一规划,合理布局,才能充分地利用气候资源,取得最佳的生产效果。

(2) 我国果品和蔬菜生产发展概况和主要灾害 建国以来,我国干鲜果品生产有了很大发展,特别是在党的十一届三中全会以来,广大群众发展干鲜果品的积极性空前高涨,生产迅速发展。不论是播种面积还是总产量都有很大提高。据统计,我国果树种植面积1979年为2633万亩,1986年为4127万亩,增长了57%。水果的总产量1986年为1347.7万吨,1987年为1667.9万吨,1990年为1874.4万吨,5年中增长了39%。其中苹果产量为431.9万吨(约占23.0%),柑桔产量为485.5万吨(约占25.9%),梨为235.3万吨(约占12.6%),香蕉为145.6万吨(约占7.8%),葡萄85.9万吨(约占4.6%)等。

水果生产的发展,改善了人民群众的生活,丰富了市

场。随着时代的进步,经济的发展,科学技术水平的提高,我国人民的生活水平有了显著的改善。合理安排膳食结构,增加水果的消费是今后的大趋势。不过目前我国水果生产的形势尚不能满足人民群众的需要。按1986年水果总产量计算,我国人民人均水果的消费量为13.2公斤,仅为世界人均水果消费量的19.9%。同属发展中国家的印度人均消费量为31.5公斤,约为我国的2.4倍。与世界发达国家相比,我们的差距更大。前联邦德国和美国每人每年水果的消费量在100公斤以上。按2000年我国人均收入达到小康水平相适应的水果需求为每年26公斤,按此计算,那时的水果产量应达到3250万吨,需要比目前的水平增长73%。无疑,这将是一项艰巨任务。

目前,影响我国水果产量除了种植面积、品种、栽培技术等因素外,天气气候的影响是不能低估的。不利的天气气候条件会给果树带来多种灾害。常见的果树气象灾害有越冬冻害、霜冻、越冬抽条、干旱、涝湿、日烧、风害、雪害等。

因此在发展水果生产时,应充分利用农业气候资源合理布局,适地适栽,积极有效地防御气象灾害的发生,以获得高产、稳产、优质、低成本的果品,满足国内外市场的需要。

我国的蔬菜生产近年来也得到了较大的发展,栽种面积不断扩大。在50—60年代,约为5000—6000万亩,70年代播种面积在5000万亩左右,进入80年代后,由于农村经济的开放搞活,蔬菜栽种面积大幅度增加。1985年时达到7130万亩,1988年跃增到9045.8万亩,1990年为9507.5万亩。从蔬菜的总产量看,1978年为749亿公斤,人均日消费量为205

克，1988年总产量为1575亿公斤，人均日消费量为392克。10年中蔬菜的种植面积和总产量都增加了1倍多。

现在，我国人民的温饱问题已基本解决，正在向小康型生活水平过渡。人们吃菜不再是为了以瓜菜代粮和帮助下饭，而是讲究营养和风味。随着生活水平的提高，人们已不再满足于吃时令鲜菜，而要求不同季节都有丰富多彩的品种上市可供选择。然而，蔬菜供应淡旺季不均是我国各地蔬菜生产上普遍存在的问题。造成蔬菜供应淡旺季不均现象的原因是多方面的，首要的原因是气候条件。

蔬菜柔嫩多汁，生长期又短，对气候十分敏感，稍有不适，就会造成损失。在蔬菜生产中常见的气象灾害有多种。由温度因子引起的灾害在低温条件下有冻害、霜冻和冷害，在高温条件下有热害、干热风 and 日烧病；由水分因子引起的有干旱、山洪、涝、湿害等，与光照有关的是连阴雨和灼伤等。蔬菜的受害症状，往往开始时较隐蔽，受害累积到一定程度才趋于明显。有时甚至始终症状不突出，但最终对产量或品质造成严重影响。

蔬菜消费从由瓜菜代粮到追求数量，到稳定数量，讲求质量、品种和要求周年均衡供应，反映了我国人民生活水平从贫困到温饱并向小康型过渡的总趋势。为实现这一目标，蔬菜生产应在选用优良品种、提高栽培技术、合理安排茬口的同时，加强对蔬菜灾害的研究与监测。

(3) 国内外果树、蔬菜的霜冻和冻害发生概况 霜冻与冻害是一种早就引起人们注意的农业气象灾害。我国霜冻与冻害发生的地区很广，危害的作物很多，造成的损失很大。发生地区北从黑龙江，南到海南岛；东自台湾，西到青藏高原，几乎遍及全国。霜冻与冻害对大部分果树、蔬菜均

能产生危害。有的年份，蔬菜或果树生长良好，一次过早的初霜冻会使即将到手的收成毁掉近半；有的年份，春菜长势喜人，果树开花茂盛，遇到一次较重的晚霜冻，就会导致蔬菜大片死苗和果树大量落花，其损失严重。

霜冻与冻害是果树栽培上不可忽视的气象灾害。如内蒙古的西部、陕西的北部1972、1978、1980年春普遍发生霜冻，许多果园减产60—80%。内蒙古的鄂托克旗乌兰镇地区霜冻发生频繁，1971—1980年的10年间，有8年在果树开花期发生霜冻，减产在50%以上，最严重的地区达到90%以上。贺兰山洪积扇底部的芦花台园林试验场，在70年代发生过6次霜冻。其中1971、1972、1980年苹果几乎绝产，葡萄严重减产。南方果树枇杷在冬季开花，春季长成果实，因此极易发生霜冻。浙江丽水地区1972年枇杷幼果期发生霜冻，减产90%。冻害的情况也十分严重。我国华北地区果树较严重的冻害大致10年发生一次。如1947—1948、1956—1957、1967—1968、1976—1977、1985—1986等年。东北、西北的高寒地区在1933—1934、1947—1948、1954—1955、1956—1957、1966—1967、1969—1970、1976—1977年均发生较重的果树冻害。其中1976—1977年是全国大范围果树严重冻害的一年。长江中下游各省是我国柑桔的重要产区。据有关资料统计，全国性的柑桔大冻害有三次。即1954—1955年、1968—1969年、1976—1977年。浙江省黄岩县1955年柑桔减产40%，浙江全省比上一年减产50%。湖南省常德地区的丹州相传为东汉末年李衡种柑处，也是华中地区一个著名的柑桔产区，保存了很多历史悠久的古老柑桔品种资源。建国初期尚未及时调查整理，就在1955年的大冻中全部摧毁了。当年洞庭湖畔的沅江县南桔死树80%，江西省的南丰蜜桔减

产40%。其余两次大冻害，损失也是相当大的。南亚热带果树荔枝、龙眼营养丰富，果肉香甜可口，其种植区逐渐向北扩展到北纬26°附近，在冬春冷空气强烈南下的年份，易发生冻害。如1955年1月份，福建省福州市及龙溪地区的最低气温分别降到-4℃和-2℃，龙眼严重受害。福州市龙眼树80%以上受冻，有的地点达到100%。10年生龙眼树地面以上的主干都冻死了。

霜冻与冻害对蔬菜生产也是一种极大的威胁。例如，大白菜砍收期的冻害在我国北方各地普遍存在。1979年北京地区发生了一次严重的大白菜冻害。该年由于前期天气条件有利，大白菜包心良好，丰收在望。11月中旬受强冷空气的侵袭，温度骤降。全市大白菜总产4亿多公斤中竟有60%以上不同程度受害，严重烂菜达1.5亿公斤以上，完全不能食用的占0.5亿公斤。未冻烂后恢复的大白菜虽勉强可食，但品质下降，风味不佳且不耐贮藏。此次冻害仅粗略统计直接损失达250万元以上，并造成了北京市1980年冬春季严重的菜荒。又如，河北省坝上地区，由于其气候冷凉，正在被开辟建设成北京夏季半耐寒类蔬菜的生产基地。1989年7月27日在张家口地区北部发生了一次罕见的夏季霜冻。仅两个乡成灾面积就有四五千亩。当时芸豆正处于开花结荚期，马铃薯正值开花和薯块膨大期，都是对低温最敏感的时候。由于前期异常高温，在冷空气影响时造成降温幅度特大，因此受灾严重。芸豆基本冻死，马铃薯叶片枯死1/3，恢复生长后一般只能收回种薯。这次霜冻表明即使在气候暖期中的温度偏高年，霜冻仍然是不可忽视的灾害。近年来发生在北京地区的两次典型晚霜冻都给蔬菜生产造成很大损失。1984年4月27日测得西郊最低气温为0.7℃，最低地面温度为-1.7℃。

霜冻使已经在露地定植的果类蔬菜严重受害。受灾面积达31000亩之多，绝大部分地块需要改种，损失在1000万元以上。1986年4月20日，北京西郊最低气温为 1.3°C ，地面最低温度达 -5.1°C 。严重霜冻使茄果类、豆类及部分甘蓝类蔬菜受冻。番茄、甜椒的心叶被冻致死，叶片发黑干枯；甘蓝类的叶片坏死变黄，部分叶片干枯；豆类蔬菜的生长点基本冻死。此次受灾面积达42000多亩，占春播菜已定植面积的62%以上。受冻后需要改种的面积为2万多亩，占定植面积的30%。

霜冻与冻害不但对我国果树、蔬菜生产有很大影响，对世界其他地区和国家也同样具有威胁。

与我国毗邻的日本是霜冻、冻害频繁发生的国家之一。日本果树栽培专家小林章统计了从1927—1956年间各种农作物霜冻发生频率(表1—1)。可以看出，在29年中有20年即70%的年份发生霜冻。霜冻造成的损失也是很大的(表1—2)。

美国的东南部为柑桔等亚热带果树的集中产区，因该地区缺少东—西向山脉，冬季的冷空气可长驱直下，造成严重冻害。如1980—1985年间，佛罗里达州发生了4次创纪录的大冻害。柑桔面积减少24%，甜橙株数减少20.9%。其中1983年12月的冻害为本世纪最严重的一次，美国农业部在该州试验场栽种的不少树在这次冻害中受冻致死。未冻死的树，其直径不到3英寸的枝干及叶、果全荡然无存。该年得克萨斯州的7万英亩柑桔产量损失70%以上，冻后保留的面积仅3.06万英亩，而且使1984—1985年无收成，1985—1986年的收成亦不多。美国的苹果集中产区为东北部和西海岸。在1978年以前的75年中严寒的冬季平均每9年一次。以先回暖后再发生的冻害为严重。1933—1934年缅因州冻害后果树